

中國古代建築技術史

科学出版社

TU-092.2
4

中國古代建築技術史

中国科学院自然科学史研究所主编

科学出版社

2000

PDG

封面书写　吴作人
封面设计　陈文鉴

内 容 简 介

在数千年的历史进程中，我国各族劳动人民和建筑匠师建造了无数的建筑物，许多古代建筑遗存至今，具有优秀的技术传统和独特的艺术风格，是我国古代科学技术成就的一个重要组成部分。

本书是一部关于古代建筑工程技术历史发展的专门著作。书中对我国古代建筑工程技术的发展进程作了阐述，还对建筑工程做法、技术经验和成就进行了整理和总结。全书共分十五章，按历史发展顺序，分为原始社会、奴隶社会、封建社会三个时期，主要内容包括土工建筑技术、木构建筑技术、砖石建筑技术；建筑材料生产技术；建筑装饰技术；建筑防护技术；少数民族建筑技术；城市建设工程；园林工程技术；建筑设计与施工；建筑技术著作和著名匠师的评价等方面。最后附有中国古代建筑技术大事年表。

本书可供建筑设计、建筑施工、文物考古、建筑专业教学及科技史、文化史研究工作者参考。

中国古代建筑技术史
中国科学院自然科学史研究所主编
责任编辑　余志华　姚平录
科学出版社 出版
北京东黄城根北街 16 号
邮政编码：100717
北京新华彩印厂印刷
新华书店北京发行所发行　各地新华书店经销
*
1985 年 10 月第 一 版　开本：889 × 1194 1/8
2000 年 1 月第三次印刷　印张：78
印数：3 501 – 6 500　字数：1 914 000
ISBN 7 – 03 – 001990 – 3/TU · 17
定价：800.00 元
PDG

本书获：1986年中国图书奖

1988年中国科学院科学技术进步二等奖

《中国古代建筑技术史》编审组

顾　　问　刘致平、单士元

主任编审　张驭寰

副主任编审　郭湖生、赵立瀛、王绍周

编　　审　孙宗文、喻维国、郭黛姮、侯幼彬、罗哲文

杜仙洲、王璞子、祁英涛、杨鸿勋、潘谷西

前　　言

建筑是一个民族所创造物质文化的重要组成部分。它综合地反映了某个特定历史时期该民族在科学技术和文化艺术上所达到的水平。因此，建筑史不能不成为一个民族的科学文化史的重要内容。

我国是世界文明古国之一。我国古代人民和建筑匠师创造了灿烂的科学文化，留下了丰富的建筑遗产。我国的学者，很早就对古代建筑遗产进行整理和研究，特别是从本世纪三十年代起，曾对我国古代建筑遗产作了大量的调查研究，奠定了对我国古代建筑研究的基础。解放以来，建筑史的研究工作有了更加广泛深入的开展。

一座建筑，需要投入大量的人力、物力、财力，并且通过一定的科学技术方法，才能实现。因此，对于建筑历史的研究，十分重要的是，要从物质生产的角度、社会经济的角度、科学技术的角度去分析。如果我们不从生产、经济、技术方面去研究，就不可能全面地认识建筑发展的规律，也不可能正确地评价一座建筑的优劣。而这些方面，正是以往建筑史研究中所欠缺的薄弱环节。很久以来，我国广大建筑史工作者就抱有这样的愿望：通过编写中国古代建筑技术史来整理和总结我国古代建筑技术方面的成就，提高整个建筑史学科的研究水平，从而全面地正确地，认识和评价我国古代建筑遗产。

一九七六年四月，中国科学院自然科学史研究所召集了《中国古代建筑技术史》编写会议，得到全国建筑史工作者的热烈欢迎。会议决定采取大协作的方式，较快地编写出《中国古代建筑技术史》，作为《中国科学技术史丛书》的组成部分。

这部书是在经受林彪、“四人帮”严重摧残科学文化事业的状况下开始编写的。当时人手缺乏，专业荒疏、资料奇缺、时间紧迫，又有许多基础薄弱甚至空白的专题。面临着这些困难，许多地区的有关部门，应我们的请求，给予了热情的支持。在编写过程中，还收到全国各地许多同志来信，对我们的工作表示期望和鼓励。这说明，本书的编写和出版，是符合广大读者迫切需要的，对我国科学文化事业的发展是有意义的。

四年来，大致做了下述的工作：整理了迄今所掌握的建筑技术史资料，虽不能说是全部，但已包含了各个历史时期的主要材料，其中一些乃是考古或调查所得的最新资料；使零散的资料，初步形成了脉络；以往缺乏研究或者空白的领域，初步有了眉目；同时对中国古代建筑技术的发展过程，及其做法经验和成就作了初步的阐述和总结。

对于建筑技术史的研究，“古为今用”是我们的目的。古代历史上的许多东西，从科学技术来看，虽然已经过时，但新科学、新技术是从旧科学、旧技术发展而来的，作为历史，它客观地反映了建筑技术的发展阶段，说明了建筑技术发展的辩证过程，因而有理论上的意义。同时，我们也注意到一些优良的传统技术对今天仍有一定的实用和借鉴的价值，因此，必须给予比较具体的叙说，以便批判地继承。

本书的体例，基本是依循社会发展的历史阶段作为顺序。其中封建社会时期占大部分篇幅；这一部分，我们又基本按工程技术性质分章分节叙述，这是为了考虑各自的特殊性，便于深入具体地分析和总结；各章节本身，仍然依循历史顺序说明其发展过程。

本书为集体写作，不免有各自取材范围、用语习惯、文章结构等方面的差异。我们的基本要求是：资料可靠，立论有据，文章简洁，用语通顺易懂；在此前提下，力求协调统一。

本书预定的一些内容，由于资料不足，或疑点较多尚待解决，最后只得空缺，例如施工工具、金属构件、建筑声学等，原拟设专节，后来都删掉了。

由于现有资料的局限，某些章节中材料的选取，或偏于具体技术而较少历史发展的联系，或偏于北方地区而较少南方地区的资料，这些不足之处，有待今后补充。以各章节份量而言，亦存在详略有异、深浅不同等情况。

许多学术问题，正是在编写过程中发现和认识的，在这之前，我们还不可能发现和认识它；我们也还不能解决一切虽已提到日程上来，但还有待今后长期工作才能获得答案的问题。历史资料的发掘是不断的，我们的认识也是发展的。因此，本书只是我国建筑技术史研究当前阶段的成果。希望全国有志于此的同志们共同努力，用辛勤的劳动去取得更大的成绩。

本书能较快地完成，得力于全国性的大协作；这应归功于我国社会主义制度的优越性。对于在本书编写过程中许多单位给予的热情支持和帮助，我们表示衷心的感谢。

《中国古代建筑技术史》编审组

目　　录

前言……i

绪论……1

第一章　原始社会时期的建筑技术（公元前2100年以前）……7
　第一节　建筑技术的萌芽……7
　第二节　巢居和干阑建筑……7
　第三节　黄土地带穴居建筑的发展——土木混合结构的主要渊源……9
　第四节　母系氏族公社中晚期的建筑经营……22
　第五节　母系氏族公社的聚落规划……23
　第六节　氏族公社蜕变阶段——父系氏族社会的聚落布局与建筑技术的发展……24
第二章　奴隶社会时期的建筑技术（公元前2100年至公元前475年）……27
　第一节　建筑技术的发展概况……27
　第二节　夯土筑城技术的发展……28
　第三节　土木结构建筑……31
　第四节　建筑工具与材料……36
第三章　封建社会时期建筑技术的发展概论（公元前475年至公元1840年）……39
第四章　土工建筑技术……44
　概说……44
　第一节　夯土版筑工程技术……44
　第二节　土坯工程技术……51
　第三节　土窑洞工程……52
　第四节　民间房屋土工技术……54
第五章　木结构建筑技术……57
　概说……57
　第一节　战国至西汉的木结构……59
　第二节　东汉至南北朝的木结构……63
　第三节　隋唐五代的木结构……67
　第四节　辽代木结构……73
　第五节　宋代木结构……89
　第六节　金代木结构……102
　第七节　元代木结构……108
　第八节　明清木结构……123
　第九节　木装修技术……150
　第十节　木结构建筑的基础……160
　第十一节　附竹结构建筑技术……164
第六章　砖结构建筑技术……167
　概说……167
　第一节　墙体砌筑技术……168
　第二节　砖顶结构技术……175
　第三节　砖铺地和砖贴面……180
　第四节　铺瓦工程……185
　第五节　高层砖结构——砖塔……188
第七章　石结构建筑技术……214
　概说……214
　第一节　石窟工程……215
　第二节　石结构建筑……230
　第三节　石桥……236
　第四节　石海塘……241
　第五节　木构建筑的石构件……243
第八章　建筑材料的加工和制作……249
　概说……249
　第一节　木材的采伐和加工……250
　第二节　石材的开采和加工……251
　第三节　砖的制作技术……253
　第四节　瓦的制作技术……260
　第五节　琉璃砖瓦的制作技术……265
　第六节　石灰及胶泥……271
第九章　建筑装饰技术……275
　概说……275
　第一节　历代建筑色彩和彩画……278
　第二节　明清建筑彩画技术……284
　第三节　建筑油漆……304
　第四节　建筑雕刻技术……306
　第五节　建筑镏金技术……313
第十章　建筑防护技术……317
　概说……317
　第一节　古代建筑的通风和采光……317
　第二节　古代建筑的防腐和防蚁……321
　第三节　古代建筑的防火……322
　第四节　古代建筑的采暖和防寒……323
　第五节　古代建筑的抗震……328
　第六节　古代建筑的防潮与防碱……333
第十一章　少数民族建筑技术……335
　概说……335
　第一节　藏族建筑（附四川羌族建筑）……335
　第二节　蒙古族建筑……354
　第三节　新疆少数民族建筑……361
　第四节　回族建筑……374
　第五节　朝鲜族建筑……384
　第六节　云南少数民族建筑（附贵州苗族建筑）……386

第十二章 城市建设工程…………400
概说…………400
第一节 封建早期城市…………402
第二节 汉长安城与洛阳城…………413
第三节 隋唐大兴城（长安城）与洛阳城…………416
第四节 宋东京城与临安城…………421
第五节 宋平江府城与静江府城…………431
第六节 元大都城…………437
第七节 明南京城…………443
第八节 明清北京城…………448
第九节 嘉峪关城…………453
第十节 真定府城…………458
第十一节 蓬莱水城…………461
第十二节 古格王国宫城…………462
第十三章 园林建筑技术…………464
概说…………464
第一节 园林理水…………474
第二节 掇山技术…………480
第三节 园林建筑…………496
第十四章 建筑设计与建筑施工…………508
概说…………508
第一节 设计方法…………509
第二节 施工准备工作…………513
第三节 测量、定位与计算…………515
第四节 起重运输…………518
第五节 脚手架…………519
第六节 施工检验与校正…………520
第七节 维修与利废…………522
第十五章 建筑著作和匠师…………524
概说…………524
第一节 《考工记·匠人》评述…………525
第二节 《营造法式》评述…………527
第三节 《鲁班经》评述…………541
第四节 《园冶》评述…………544
第五节 《工程做法》评述…………547
第六节 建筑匠师…………578
中国古代建筑技术大事年表…………586
编后记…………604
名词索引…………605

绪　论

我们伟大的祖国，是一个历史悠久、人口众多、幅员广大的文明古国。仅以成文历史来说，即长达四千年，其间留下了极为丰富的文化遗产。我国古代劳动人民以及杰出的科学家们，在科学技术的许多领域，对人类文明曾作出卓越的贡献。

我国古代建筑有几千年源远流长的历史，创造了辉煌的成就，形成了独特的体系，有高度的工程技术水平和优美的艺术形式。如长城（图0－0－1）、故宫（图0－0－2）、园林、住宅、石窟（0－0－3）、寺庙、高塔、长桥（图0－0－4）等，它们所反映的技术和艺术成就，是一份宝贵的科学、文化遗产。

毛泽东同志说："中国的长期封建社会中，创造了灿烂的古代文化。清理古代文化的发展过程，剔除其封建性的糟粕，吸收其民主性的精华，是发展民族新文化提高民族自信心的必要条件。"研究中国古代建筑成就，正是这一总的工作之一部分。

我国古代建筑技术史也是我国科学技术史的一个组成部分。本书的目的就是力求以辩证唯物主义和历史唯物主义为指导，以大量历史资料为依据，来阐述我国古代历史上建筑技术的发展过程，说明它的特点、成就，揭示建筑技术发展的规律，同时发掘整理古代建筑技术中一切有价值的东西，作为我国社会主义现代化建设事业的借鉴。

一

建筑，作为人类生产和生活资料的一部分，由于它同社会各种活动的密切关系，由于它的建造广泛和需要投入大量的人力、物力、财力，由于它既是一种工程，又具有艺术的特征，因而在各种物质生产中占有特殊的重要的地位。建筑的发展水平，往往成为某个国家的政治、经济、科学文化发展状况的一个标志。

建筑的发展固然有种种因素，有实用功能、艺术形式、技术经济等方面的要求，但无论哪一种建筑，它首先是物质生产的产物，无论哪方面要求都要通过一定的技术方法才能得到实现。因此，在建筑历史的发展中，建筑技术地位同建筑艺术相比，不能不占首位。诸如建筑材料的生产和加工，结构方法，施工技术，规划和设计，装饰工艺，防护技术等等，它们的发展革新，都从不同的方面推动着建筑水平的提高。

而这许多方面也不是并列的，建筑技术的发展，从历史来看，主要是围绕着材料、结构、施工等方面的进步变革而展开的。

材料（以结构材料为主）的生产，在最初阶段，都是直接取用天然材料，如粘土、木材、石料、竹、芦苇等等。天然材料在长时间里占有主要地位；不过，采取天然材料的规模和能力，又因技术的进步而有所提高，例如，石料由天然卵石到较大较规整的石条、石板，木材由较纤细的树枝到较粗壮的树干。

然后，出现了人工材料，例如陶质材料（砖、瓦、陶水管等），石灰，金属材料等。到近代，金属（主要是钢材）和水泥则成为主要的结构材料，此外，还发展了玻璃、塑料、合金、胶合板等多种新型材料。

有什么样的材料，也就有相应的结构方法；好的结构形式，主要是比较有效地发挥了这种材料的力学性能。例如对砖石材料的使用，最初都曾采取梁、板的形式。以后逐步认识到砖石的特性是优于耐压，于是找到适合发挥砖石材料性能的结构方法——拱券结构；经过实践经验的积累，进而产生了对于拱券结构力学规律的认识，于是可以创造出如同我国隋代赵县安济桥和欧洲中世纪哥特式建筑那样神奇的作品。

可以看出，结构材料的生产和结构方法的发展，在建筑技术中占有重要的地位，因为没有它，就谈不上建筑。当然其他材料（如围护、装饰材料）的生产和构造方法也有自己的要求和作用，在建筑中也占有一定的地位。例如瓦，是木屋架的铺面防水材料。瓦型从原始的粗糙的形态发展为比较完善的形态，铺瓦方法的改进，从普通陶瓦发展为釉陶瓦（琉璃瓦），瓦的艺术加工上出现多种瓦饰等等，也经历了若干发展阶段。

施工能力的发展，主要有两个方面：工具和动力。在长期的古代社会中，建筑以人的体力劳动为主，工具也限于手工工具和简单的机械如滑轮、绞盘。畜力、水力只是部分地用于运输；个别场合曾利用浮力架设桥梁。

我国古代劳动人民以体力为主，依靠协作劳动和简单的工具，曾经创造了许多伟大的工程奇迹。但是建造的速度终究受到限制。它们往往需要大量的人力和长久的时间。围绕着人力施工操作，也就产生了对建筑的规模、构件尺度的相应要求。例如构件的重量，一般情况下须适合人力所能及的条件；人们习见的普通条砖的尺寸，就是由人手砌筑操作的便利来决定的。脚手架的使用，目的在补充人体高度之不足，等等。

区别于古代的以人体劳动为主，近代工业革

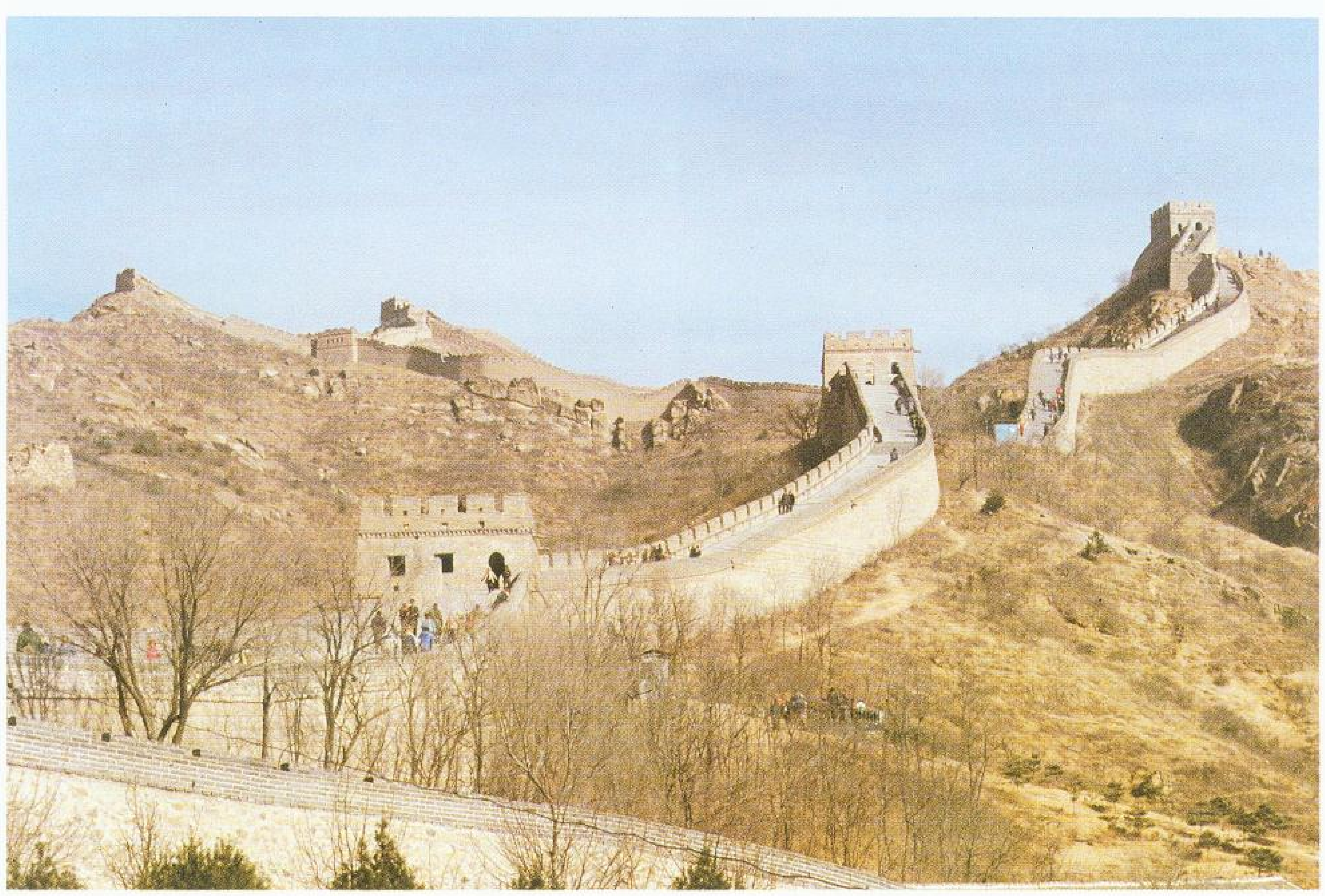


图0－0－1　北京八达岭附近长城远景

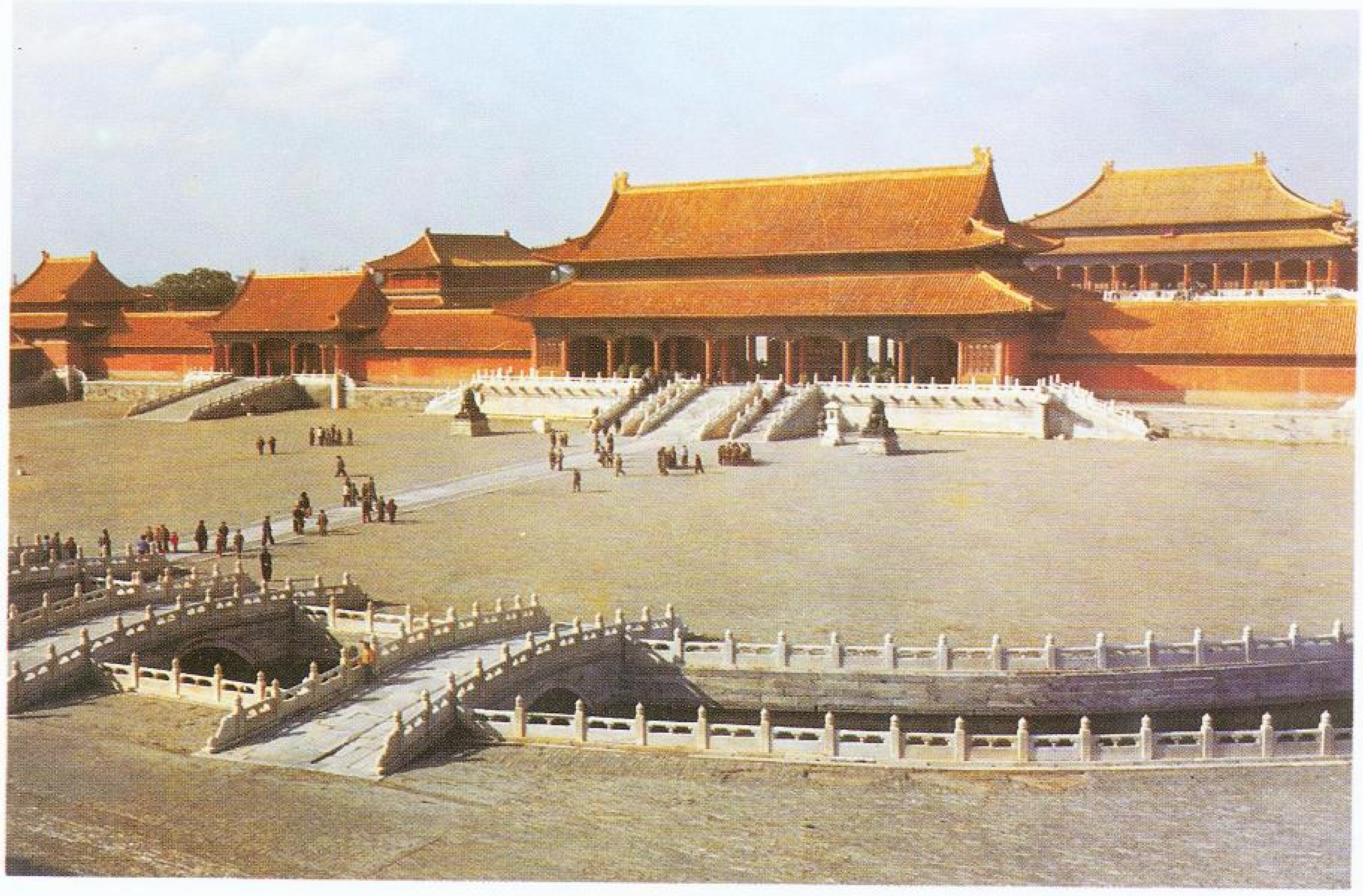


图 0－0－2　北京明清故宫

命是从动力革命开始的。建筑施工也是这样。施工机械化，是以内燃机、电力为动力的，由此建筑的规模、构件的尺度和重量、建筑的速度等，都发生巨大的、本质的变化。

综观建筑技术的发展过程，材料、结构、施工技术是构成建筑技术的主要因素。本书即是以材料的生产和加工，结构方法和施工技术的发展为主要线索来阐述和总结中国古代建筑技术的发展历史的。封建社会时期，是中国古代建筑发展的主要阶段，本书尤其对这一时期的各种材料结构的演变和发展作了比较详尽的探讨。

二

我国古代建筑在世界建筑史中具有独特的风格。类型包括宫殿、寺庙、塔、城市、住宅、园林、陵墓以及各种建筑小品，内容极为丰富。从材料结构来说，则有土工建筑、木结构建筑、砖石建筑以及竹构建筑等多种材料结构方式。其中尤以对土和木的应用发展很早，使用最广。世界上其他许多民族早期也采用土制成土坯，用土坯砌筑墙体，或者用泥土拌合纤维作敷面层。我国古代除此之外，更发展了夯土版筑技术。许多巨大的建筑工程，如城墙（图 0－0－5）、高台、陵墓及墙体等都是采用夯土版筑的方法建造的。由于土坯、夯土版筑最便于就地取材、施工简易，造价便宜，因而具有长久的生命力，直到今天，在基址和堤坝工程中仍然普遍使用。

我国古代建造各种房屋的主要材料结构方式则是木结构，在长期实践中，我国对木材的选择、培植、采伐、加工、防护等一系列环节，均积累了丰富的经验。在应用木材并组合为结构的技术水平上，可以说，无论在高度、跨度以及解决抗风、抗震的稳定问题上都达到古代世界的先进水平。

木结构之所以在我国建筑上长期居于主要地位，在于它的取材、运输、加工都比较容易，施工工期也比较短。木结构还具有分间灵活、门窗开设自由等实用上优点，因而在长期发展中，达到了成熟地步。木结构固然有易朽易燃的缺点，但是古代积累了丰富的维修经验，即使毁坏，重建也比较容易。

木结构建筑的巨大规模，并不仅靠单体建筑的体量来解决，而是以组合体——组群出现，由各个单体建筑组成“院落”；而在组合中主次分明，既减少了由于建筑庞大的单体建筑而带来的技术上的复杂性，又解决了大规模建筑包含的多种功能需要。可以说，建筑组群是我国古代建筑的显著特点和卓越的创造。

木结构的特点也给我国古代建筑带来了特有的造型艺术。如轻巧的飞檐，轻质的装修，金碧交辉的油饰彩画，精美的雕刻艺术等（图 0－0－6），为举世所赞赏。世界上很少有其他民族的建筑曾象中国古代建筑那样重视运用色彩，并且是那样的大胆。彩画、镏金、琉璃、雕刻等等的应用，常常互相配合，在一座建筑上，组成为完美的艺术整体。它们的传统工艺技术至今仍不失其应用价值。

我国古代匠师在长期实践中所积累的木结构的力学、施工、艺术加工的经验，经过综合成为系统的方法，形成了以某一标准用料尺度作为基

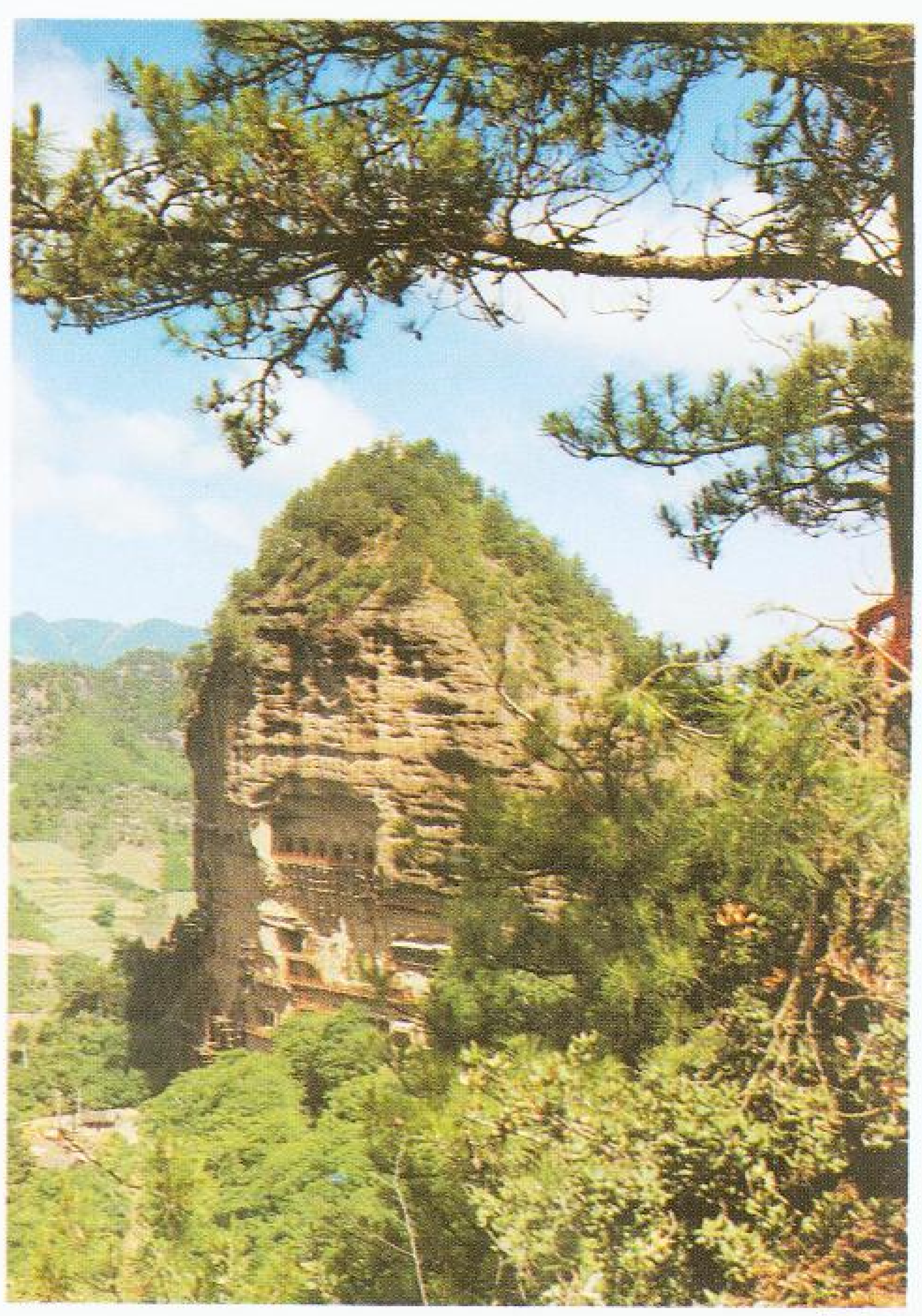


图 0－0－3　甘肃天水麦积山石窟全景

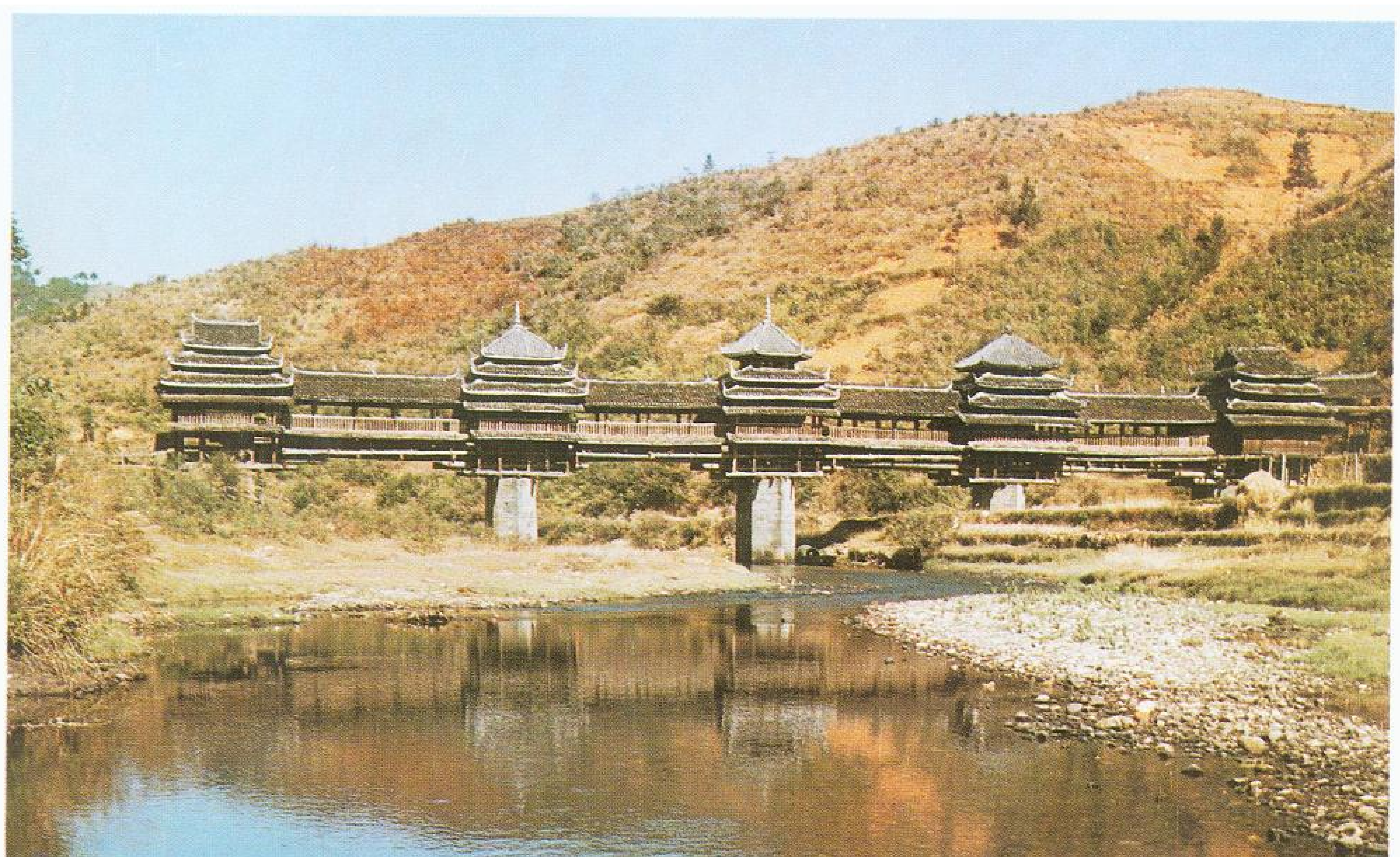


图 0－0－4　侗族建筑——廊桥



图 0－0－5　嘉峪关附近一段夯土城墙



图 0－0－7　福建泉州开元寺石塔（南宋）

数的比例制度。这在宋《营造法式》中称作“以材为祖”。“材”即标准用料尺度，“祖”即基数。这种用文字固定下来、具有法令性质的制度，在世界建筑史上也是绝无仅有的。文艺复兴时期的欧洲学者曾对古希腊的建筑遗物加以实测，发现了其中的比例关系，借以建立了几种“柱式”，这不过是后来人们的研究成果，只是一种经验数字，并不见于古代文献的记述，也未成为制度。而我国宋代的“材栔”或明清的“口分”制度，无疑是中国古代木结构体系高度成熟的产物，是工匠们自觉创造的结果。

与木结构相比较，我国古代砖石建筑则处于次要的地位，经常可见的使用砖石的方式是作为木结构建筑的辅助补充部分，如墙脚、柱础、地面、台基边缘、踏道等等。然而，我国古代砖石建筑的工程技术仍然获得很高的成就。世界著名的长城，也是一项宏伟的砖石工程；以砖塔而言，十五世纪曾达到百米的建筑高度（南京报恩寺塔）；以单孔桥而言，赵县安济桥最大跨度达到37.7米，出现于公元六世纪初。这些记录可以表明，我国古代砖石建筑技术所具有的规模和水平。

我国古代砖石建筑的装饰手法乃至造型常常模仿木构建筑的轮廓和细部。遗物如汉石阙、牌坊、无梁殿、石亭、牌坊、塔等（图0－0－7）都有这样的现象。这表示后出的东西，往往要受到既存事物的影响。古埃及和古希腊的石造建筑，也有装饰母题来自早先木质材料建筑的现象；不过，它们都没有中国古代的砖石建筑表现得如此强烈。

除了各类建筑以外，我国古代的园林也是世界上建筑艺术的杰作之一，是我国古代建筑的一颗明珠（图 0－0－8）。园林主要由树木、山水、建筑三方面因素来构成，但是我国古代的园林的一个重要特点是建筑所占地位及其奇巧的形式很突出。此外，人工叠山理水的卓越成就也是世界其他园林所少有。

我国古代的城市建设也是独具一格。我国几个重要古城，例如隋唐长安、洛阳城，宋东京城，元大都，明北京城，明南京城，曾居于古代世界最伟大的城市之前列。我国古代城市规划性很强，表现为分区严明、规整有序，对防御、交通、排水、防火、商业集市和城市绿化，均有一定的考

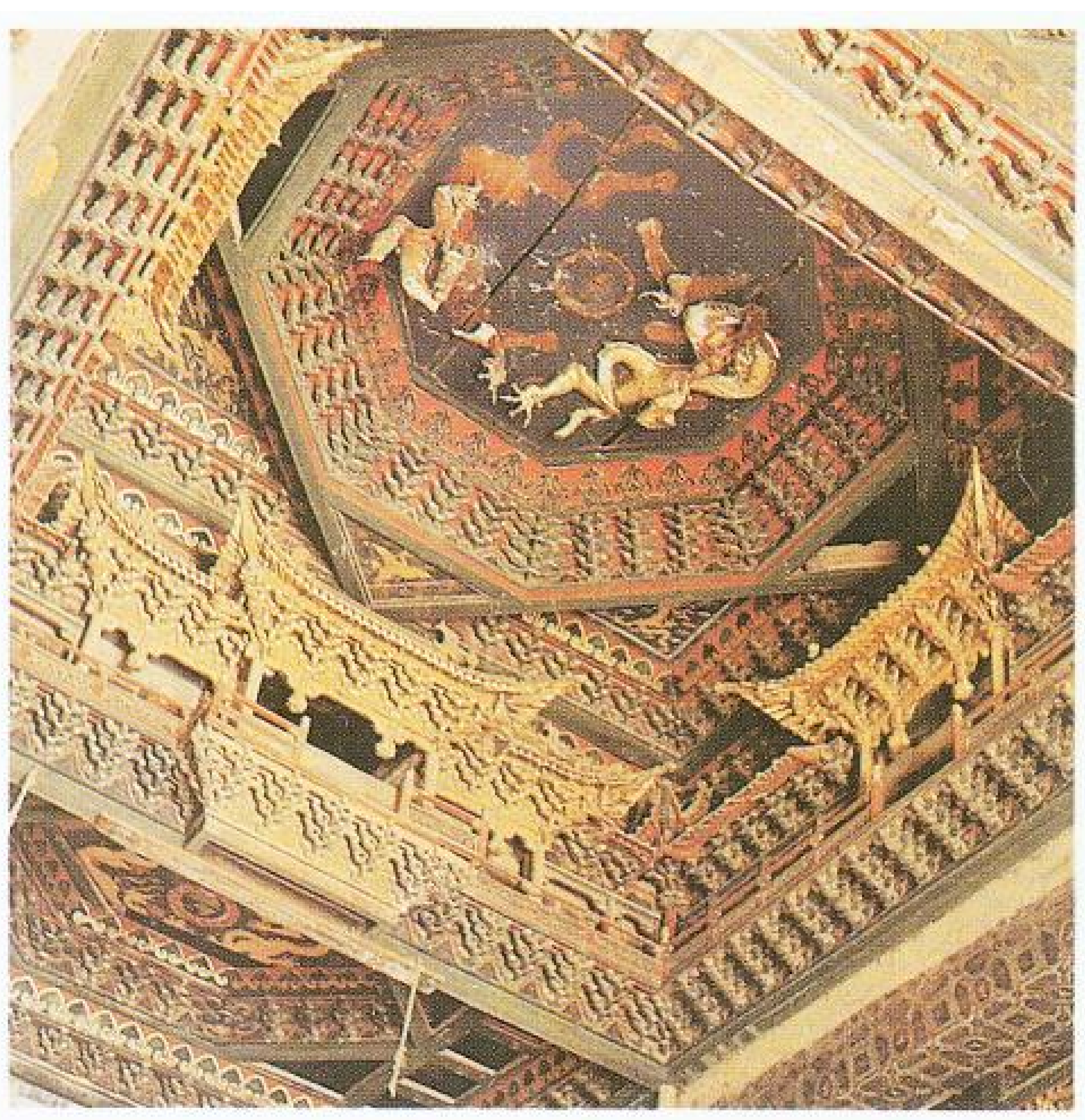


图 0－0－6　应县净土寺大殿藻井（金）



图 0－0－8　苏州网师园一角

虑和技术措施。这样高度的计划性依靠长期城市建设经验的积累，也需要一定的技术方法去实现。例如水工方面，饮水、排水、水运的处理，水渠运河的建设，闸、堰的建造，历来规模都很大。其中许多经验至今仍值得重视和认真研究。

我国是多民族组成的统一国家。各民族在悠久的历史联系中互相交往。许多民族的建筑都有自己的传统特点，有很高的技术和艺术水平。著名的拉萨布达拉宫，集中反映了藏族人民在建筑方面的高度成就。其他如蒙古族、维吾尔族、傣族、僮族、侗族、朝鲜族、回族等均有丰富的建筑历史遗产。从材料上看，他们和汉族相仿，使用天然材料为主，但却创造出不同风格的建筑。同为木构，傣族与汉族迥然有别；藏族用块石墙与木楼层混合结构，创造出体量雄伟的多层建筑。各民族的建筑装饰艺术都有鲜明的民族特色。在技术方面，各民族在解决所处的不同自然环境条件，例如雪山高原、内陆盆地、草原、亚热带林区等所提出的多种要求，都积累了相应的经验。因此，我国古代建筑，由于各民族的贡献而更加丰富多彩，由于地域广大多变而具有多方面的内容，这也是其他一些古代文化内容比较单一的国家所不能比拟的。

在我国古代历史上，既然进行过长期的建筑实践，出现过宏伟的工程，也就必然产生总结性的经验记录，见诸文献。丰富的中国古代建筑文献资料，是尚待深入挖掘整理的宝库。认真地用科学方法去清理文献遗产，还是本世纪以来的事情；直到今天，我们仍继续在对例如宋代的《营造法式》，明代的《园冶》、《鲁班经》，清代的《工程做法》等文献进行研究。这还不包括分散于各种书籍中的零星不系统但不失其价值的记述。

历史的创造者、历史的主人是人民。在实践中涌现出来的富有创造力的人民中的代表人物，他们的名字绝大多数已经湮没，只有个别人物得以留下他们的名字和事迹。对于古代有贡献的工程家、匠师、学者，对于他们留下的丰富遗产，我们应该加以记述，用他们的功绩和榜样来激励我们今天的劳动和创造。

三

我国古代的建筑体系，是在我国自然的和社会的具体条件下形成和发展起来的。

我国位于亚洲东部，东面和南面濒临浩瀚的海洋，西北部深入内陆。东西相距约5200公里，南北总长约5500公里，总面积约960万平方公里。从很早的时候起，我们中华民族的祖先就劳动、生息、繁衍在这块广大的土地上。

全国地形复杂。有延绵起伏的山脉，辽阔的高原，广大的盆地，也有极目千里的大平原和水网密布的河湖地带。气候从南到北跨越了热带、亚热带、暖温带、中温带、寒温带五个不同的气候带，分布在北纬4°到53°之间的广大地区。

在古代，自然条件对于建筑技术发展的影响是很大的。由于全国不同的地形和气候，对建筑提出了多种技术要求。经过长期实践，积累了丰富的适应平原、山区、高原、沙漠、水乡等不同地形条件的建筑经验，形成了防寒、隔热、防风、隔潮、防雨、遮阳、通风、日照等适应不同气候条件的技术措施。

由于地形条件的不同，天然建筑材料资源也有地区性差别。如黄土高原深厚的黄土层，各地区的森林资源，亚热带地区的竹材，山区的各种石材等等。不同的建筑材料及其相应的结构和形式，是成为我国各地区建筑的地方特点的一个重要因素。

在我国的历史发展进程中，黄河中游是文明发达较早的地区。它正处于黄土地带。当时这里的气候比较温和，生长着茂密的树林。黄土和木材就成了当时的主要建筑材料，形成了“土木”结合的建筑结构体系。

我国是一个多民族的统一的国家。除了汉族以外，还有五十多个少数民族。由于各民族居住地区的自然特点和社会经济文化特点，也赋予建筑以丰富多彩的民族特色（图0-0-9）。

汉族建筑占有主导地位，但它本身又包含广大地区的不同地方特色。这样，使我国独特的建筑体系既有统一性，又富于多样性。

建筑技术的发展，取决于社会生产力的发展并受到社会制度的制约。在奴隶社会、封建社会的漫长发展过程中，建筑深刻地反映着阶级的对立。建筑生产的物质条件——建筑材料、建筑生产工具、运输工具和建筑地段所需的土地，都集中在奴隶主阶级和封建统治阶级手中，统治阶级同时又占有建筑劳动力，从而支配了当时的主要建筑活动。广大奴隶一无所有，农民和手工业工匠所能掌握的这类物质条件也是所有无几。这种状况，表明在奴隶制、封建制的阶级关系支配下，建筑的主要成果总是被统治阶级所窃占，为统治阶级服务。

统治阶级的建筑活动，尤其是宫殿、苑囿、陵墓的建造，其人力、物力的集中和滥用是十分惊人的。许多工程动辄使万人，积年累月地营造，所谓“运一木之费至二千万，牵一车之力至五百人”[1]。统治阶级大兴土木，劳动人民则备受压迫和剥削的苦难。

古代的工匠制度反映了建筑工程中的生产关系。在我国封建社会前期和中期的建筑生产中，官营手工业占据很大的比重，城乡和私人手工业的发展则比较分散而微弱。官手工业通过在全国范围内大规模的征调劳动力，集中了民间优秀的工匠，因而有促进各地区建筑技术交流的一定作用；但是，官手工业制度对古代建筑技术发展的束缚作用则十分严重。这种工役制按其本质来说，“是以保守的技术和陈旧的生产方式为基础的。在这种经济制度的内部结构中，没有任何引起技术改革的刺激因素。”[2]在这个制度下，专业匠师被编为匠户，子孙世守其业，社会地位低贱，实际上成了世代被束缚于匠籍中应差的工奴，工匠的生产积极性和创造力受到极大的限制和摧残，严重地束缚了建筑技术的发展。

建筑技术的发展不是孤立的，它是与整个生产力和科学技术的发展相联系的。建筑生产实践推动了有关的科学技术的发展，而科学技术的发展又转过来促进建筑技术的发展，金属工具的使用，就是一例。在古代，铁“给手工业工人提供了一种其坚固和锐利非石头或当时所知道的其他金属所能抵挡的工具”[3]。从战国到秦汉，铁工具的推广对于木材的采伐、石材的开采、土方的挖掘、木构件的成材加工和榫卯制作等等，无论是提高工程的质量和施工的速度，都有巨大的作用。这就是战国、秦汉时期建筑获得很大发展的重要原因。又如我国制陶技术的发展有着悠久的历史，它对古代砖瓦和琉璃砖瓦的生产有直接的

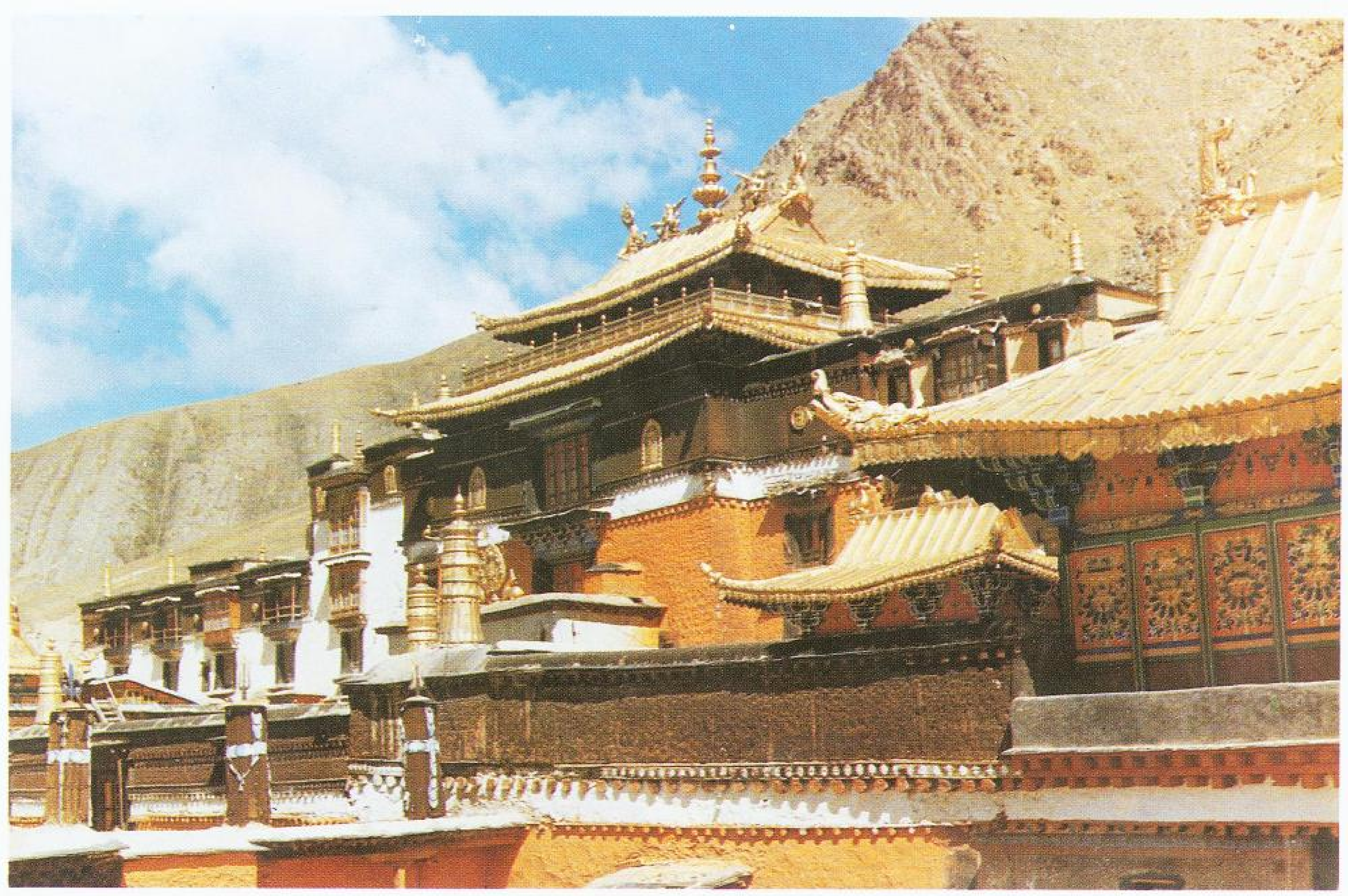


图0-0-9 甘肃拉卜楞寺

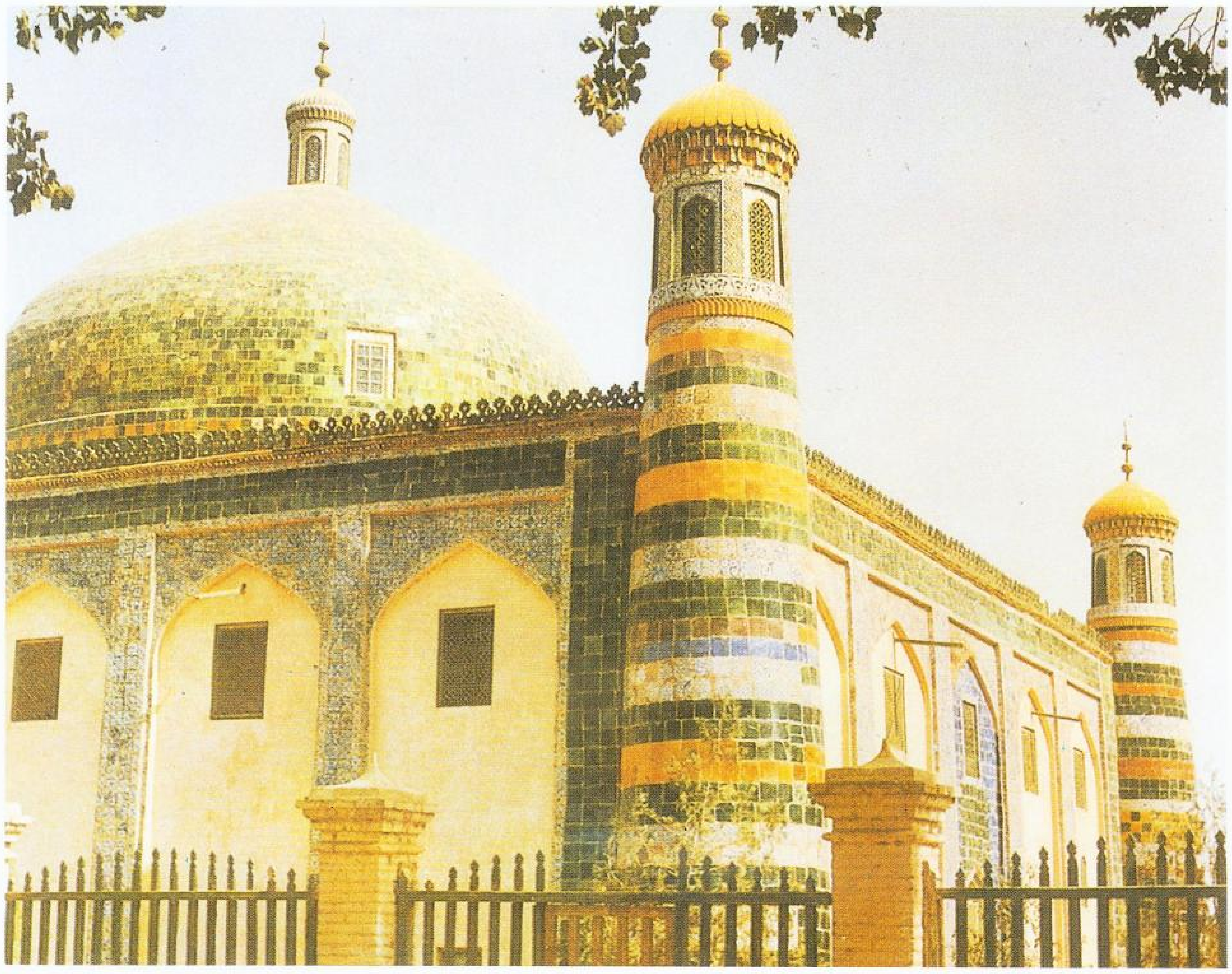


图 0－0－10　新疆哈什香妃墓祠一角

影响。其他例如测量学在古代城市和建筑组群的定向、定位上的应用，数学在工料计算中的应用等，都生动地反映出各门科学技术的发展对建筑技术的促进作用。从汉代到隋唐时期，我国建筑技术在许多方面居于世界先进地位，是同我国其他科学和生产力水平处于当时世界先进地位分不开的。

在古代，我国同世界其他地区的文化交流有着悠久的历史，在建筑技术方面也进行过长期的交流，对日本等亚洲国家曾有较大的影响。如日本早期的城市、寺院等，基本上是仿照我国唐代长安的城坊、宫殿、寺院营造的。我们的祖先也学习和吸收外来的文化。例如，佛教的传入，带来了印度、犍陀罗和中亚的文化，发展了寺、塔、石窟等建筑。在中国的伊斯兰教的建筑中，则融合了西亚的建筑技术和艺术。（图 0－0－10）这些外来的建筑经验融注在自己的传统中，也丰富和充实了我国的建筑技术和手法。但是，到封建社会末期，清朝统治者实行闭关自守政策，隔绝与世界各民族的经济文化往来，这是影响我国封建社会后期建筑技术发展迟缓的一个原因。

四

我国古代建筑技术的发展进程，以目前所掌握的史实，可以概括论述如下：

在氏族公社的繁荣阶段，长江下游的水网地带和黄河流域中游，已经形成干阑和穴居等不同的建筑方式。河姆渡文化在没有金属工具的条件下，已采用榫卯构造技术，建造干阑建筑，标志我国木结构发展初期的重大进步。半坡、大河村等遗址表明，仰韶文化时期已进入从穴居过渡到半穴居和地面建筑的发展过程，创造了承重木柱和木骨泥墙，并出现了组群布局的雏型。到龙山文化时期，适应父系社会家庭生活的需要，出现单间小屋和套间房屋；发明了土坯，运用了石灰质材料；尤其重要的是创造了夯土技术。对于形成古代以木、土为主体的结构技术体系，具有重要意义。

奴隶社会时期，建筑技术发展的主要标志是：使用青铜工具，广泛和大规模采用夯土工程，木构技术的进一步发展和陶质建筑材料的应用等。二里头、盘龙城、小屯等商代宫室遗址和岐山西周宫室宗庙遗址，反映出奴隶主贵族的建筑已从单幢房屋扩展到成组建筑。春秋时期，建筑群的一种突出发展是高台建筑。高台建筑是在台上逐级建造房屋，可以用简易的木构和夯土技术相配合，通过大规模的奴隶劳动来构成大体量的建筑。

商代的陶水管和西周初期的瓦，是我国已发现的最早的陶质建筑材料；从此开始了人工建筑材料的历史。至迟到奴隶社会末期，建筑上已综合使用了土、木、石、陶、铜等材料，加工工艺已达到较高的水平。

战国至西汉，处于封建社会初期上升阶段，建筑技术在普遍使用铁工具的条件下有了显著发展。从战国时期墓葬中出土器物所反映的细木工技术的精确复杂程度，可以推知当时木构榫卯技术有相应的进步。战国至西汉城市、宫殿遗址中发现的多种类型的铺地砖、栏板砖、贴面砖和大型空心砖，反映出当时制作陶质材料的水平。从砖墓构造中看到条砖、楔形砖的运用和纵联、并列两种筒壳的砌法，表明拱券结构技术已初步掌握。

东汉时期遗留下较多形象资料，如石阙、崖墓、画像砖、明器陶屋、石墓、石祠等。当时建筑技术的进步主要表现在两方面：从木构来看，梁柱式和穿斗式这两种构架形式已经存在；庑殿、



图 0－0－11　云南大理崇圣寺三塔（中间为千寻塔）

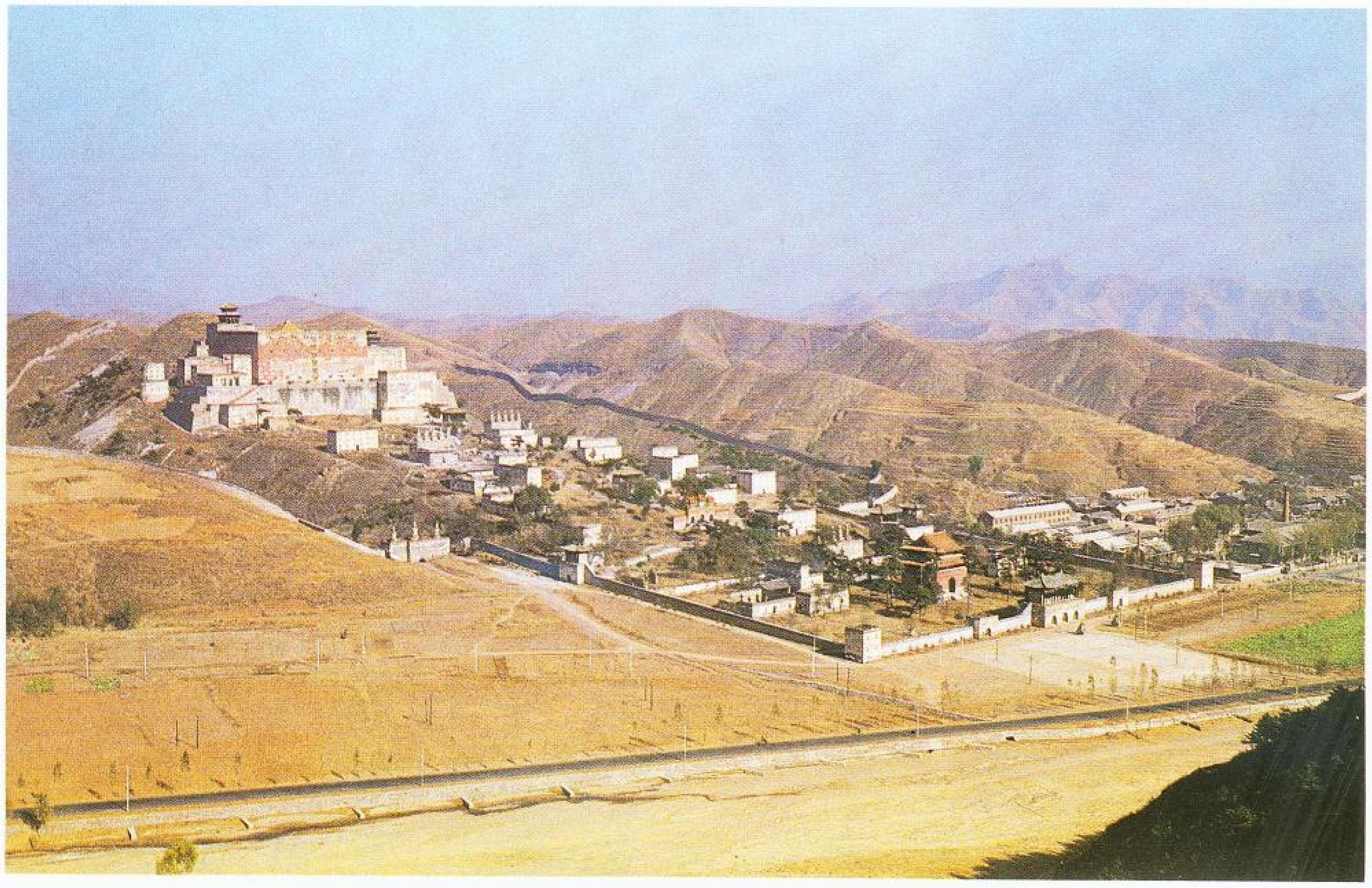


图 0－0－12　河北承德普陀宗乘庙远景

歇山、悬山、硬山、攒尖等基本屋顶形式均已出现；斗栱的运用增多；建造了高达三、四层甚至五层以上的“重屋”、“望楼”等。从砖石结构来看，条砖逐渐代替空心砖成为主要的砖材料形式，除了用于墓室，也有少量用于地面建筑。拱券技术也有明显进步。遗存至今的石阙和石墓等可为例证。所有这些，反映出东汉时期建筑技术有较广泛的发展。

经三国、两晋、南北朝，到隋唐时期，在国家统一、经济繁荣、中外文化交流的情况下，进入我国封建时代盛时。隋唐长安城大明宫的含元殿、麟德殿，洛阳明堂等等，显示出隋唐时期的建筑工程在设计、施工、结构等方面都有高度的发展。

由山西五台的南禅寺大殿可以看到中唐时期木结构梁架已经有用“材”（栱高）作为木构用料标准的现象；佛光寺大殿则显示了木构殿宇的平面、空间、结构和造型艺术的协调统一，表明我国木结构建筑体系在唐代已进入成熟阶段。

我国砖塔，均产生于公元三世纪末以前。唐代以后，砖塔由于它的结构承载力和耐火、坚实等方面优于木塔，数量逐渐增加，逐步取代木塔成为主要形式。筑塔技术不断提高，成为我国古代砖技术的高度成就的标志。

我国少数民族边远地区的建筑，在唐代也有较大的发展。渤海的东京城、南昭的千寻塔（图 0－0－11），都是当时中原的先进建筑技术传播到边远地区的重要例证。

在唐代木构建筑体系成熟的基础上，辽、宋、金时期建筑技术继续发展并产生了总结建筑实践经验的重要著作——《木经》和《营造法式》。宋代以后木结构开始了朝着简化方向发展的趋势。

在砖石结构方面，《营造法式》记载的“大窑”烧砖，生产效率已相当高。石作、砖作、瓦作等工种都有了技术规范。宋代后，建筑装修和装饰水平也有显著提高，小木作类型增多，构造复杂，大大超过前代，工艺技术也迅速发展。

宋代《营造法式》记载了当时建筑构件的用料，建立了严密的“材分”制度。从“功分三等”、“役辨四时”、“木议刚柔”、“土评远迩”等关于功限细则的规定，表明当时功限、料例的定额规定已经比较严密，具有较高的科学水平。

元、明、清时期，是我国的封建社会末期，建筑进入了最后发展阶段。

明代木构架已大为简化，增强了结构的整体性。但是，已经失去结构机能的斗栱却趋向繁缛复杂。从明到清的数百年间，官式建筑的做法完全程式化。个体建筑趋于定型；运用定型的个体建筑来组合的群体布局手法则有不少成功的创造。

明代砖瓦的生产大量增长。临清、苏州、武清等地形成大规模生产优质砖料的专业窑区。南京、北京、山西等地的琉璃瓦生产有较大的规模和较久的技术传统；琉璃砖瓦的质地、色泽都达到很高水平。官式建筑和民间建筑用砖都很普遍。明代全国各地的城垣工程和长城也大量用砖，并且较多建造了全部用砖构成的“无梁殿”。大量使用砖石材料是明代建筑的一个显著特点。

明代以后由于科学发展的相对停滞，建筑上没有在材料、结构和施工上有新的突破，固有的建筑技术体系仍然保持其主要地位。清代各地民间建筑和少数民族建筑仍有不同程度的发展。民居、园林等建筑中有许多出色的设计手法。经过各民族建筑的交流，出现了一些融合汉族与其他兄弟民族风格的建筑，如承德“外八庙”例（图 0－0－12）。

建筑技术史是我国古代劳动人民从事建筑生产活动过程中，认识世界、改造世界的历史。我们要通过阐述我国古代建筑实践的丰富内容，通过整理我国古代建筑技术的成就，来歌颂我国古代各族人民的伟大创造，了解我们的祖先在建筑科学技术方面对人类文明作出的重大贡献；通过对建筑历史遗产的分析研究，取其精华、弃其糟粕，为我国社会主义建设事业服务。

参考文献

[1]《金史·海陵本记》。
[2]《马克思恩格斯选集》第四卷第 159 页。
[3]《列宁全集》第三卷第 195—196 页。

第一章　原始社会时期的建筑技术（公元前2100年以前）

第一节　建筑技术的萌芽

今天，用途广泛，形式繁复的建筑，小到一个单体，大至庞杂建筑群，以至城乡规划，已成为一门复杂的技术科学。然而，它的发展历史，追根求源，是从解决人类的居住问题开始的。恩格斯指出："根据唯物主义观点，历史中的决定性因素，归根结蒂是直接生活的生产和再生产。但是，生产本身又有两种。一方面是生活资料即食物，衣服，住房以及为此所必需的工具的生产；另一方面是人类自身的生产，即种的蕃衍"（《家庭、私有制和国家的起源》第一版序言）。作为人类历史中重要生活资料之一的住房建筑，究竟是何时以及如何发展起来的？追溯这个问题，要从人类社会的初期说起。

原始人类，从已能制造工具的南方古猿开始，直到此后相当长的一段历史时期里，即恩格斯所说"蒙昧时代"的"低级阶段"，"人还住在自己最初居住的地方，即住在热带的或亚热带的森林中。他们至少是部分地住在树上，只有这样才可以说明为什么他们在大猛兽中间还能生存"（《家庭、私有制和国家的起源》）。

考古学上把原始社会的初级阶段称为"旧石器时代"，古人类学把原始人类的发展划分为猿人、古人和新人三个历史阶段。早在猿人阶段，由于他们已能粗制石器，已能利用天然火，他们依靠集体的力量突破了热带森林的局限，向温带地区开拓自己的生活领域。考古发现在温带地区有他们遗留下来的文化遗迹。在我国，根据目前所知的材料，处于这一阶段的遗迹最早是距今一百多万年以前的云南元谋人化石和六十万年前的蓝田猿人化石；而已发现的最早的人类住所是距今约五十万年的北京周口店龙骨山岩洞。到目前为止，在我国发现的旧石器时代人类居住的岩洞，主要有以下几处：

早期（约一百万至二十万年以前）：

辽宁营口金牛山岩洞
湖北大冶石龙头岩洞
湖北郧县梅铺岩洞
贵州黔西观音洞

中期（约二十万至四万年前）：

辽宁喀左鸽子洞
贵州桐梓岩灰洞

晚期（约四万至一万年前）：

北京周口店龙骨山岩洞
河南安阳小南海
浙江建德乌龟洞

这些被原始人选择作为栖身之所的自然岩洞，总结其选址和使用要求，有以下几点：

近水——为了饮水和渔猎，选择湖滨或河岸附近。

防止水淹——为防止河流涨水时受淹，洞口一般高出附近水面10—100米不等，多数在20—60米处。

洞内较干燥——选择钟乳石较少的喀斯特溶洞，洞内湿度较低，以利生存。生活遗迹表明：住处在接近洞口的部分；深入洞内，则过分潮湿而缺少新鲜空气，不宜居住。处于新人阶段的"山顶洞人"居住的岩洞，前部为集体生活起居用，而内部低凹部分，早期也曾住人，后期改为埋葬死者处。

洞口背寒风——一般洞口背向冬季主要风向，这些岩洞，很少朝向东北或北方的。

原始人在栖居自然岩洞的同时，在森林和沼泽地带，仍然依靠树木作为栖居的处所。当时人们借以栖身的树木和岩洞都只是自然界本身，但是生活的经验已经使他们懂得，对栖居的树木去掉一些有碍枝杈茎叶采用一些枝干之类填补空档；对于岩洞则清除有碍的石块以及填补地面坑洼，略事修整以改善栖息条件。

当原始人类基于住在树上和"厂"（音ān，庵字简写，这里指上部凸出的削壁）、洞的生活经验，使用粗制石器采伐枝干，借助树木的支撑构筑一个简陋窝棚，或摹拟自然，在黄土断崖上用木棍、石器或骨器掏挖一个人工的横穴，则开始了营造活动，诞生了最原始的人工的居住形式——巢居和穴居。因此，可以说"巢"和"穴"是建筑萌芽时期的两种主要形式；其出现的时间，约当旧石器时代晚期。

古文献中，颇有关于上古巢居、穴居传说的记述。例如：《韩非·五蠹》："上古之世，人民少而禽兽众，人民不胜禽兽虫蛇。有圣人作构木为巢以避群害，而民悦之使王天下，号之曰'有巢氏'。"

《墨子·辞过》："子墨子曰：古之民未知为宫室时，就陵阜而居穴处，下润湿伤民，故圣王作为宫室。"

《孟子·滕文公》："下者为巢，上者为营窟。"

这些古老传说的记载，也提供了建筑起源于"巢"、"穴"的佐证。

我国幅员辽阔，地理情况复杂。在新石器时期，各地发展很不平衡。当时大体上分化出以畜牧为主的部落和以农耕为主的部落（当然不是绝对截然分开）两大经济系统。由于生产经济的差别，决定了所采取的居住形式也不同：游牧要求可移动的帐幕，而农业则要求定居——出现了位于河岸台地的村落。

中国北部的细石器文化，分布在从东北、内蒙、宁夏、新疆到青藏高原的广大疆域内。它们大抵是渔猎和游牧为主部落的文化遗存。由于缺乏长久定居，很少可能保存他们的居住遗址。不过，在辽东半岛一带的石棚（图1-1-1）、黑龙江依兰倭肯哈达半天然半人工的洞穴、辽宁赤峰的石城和圆形住所块石墙基遗址，等等，大概即为这一文化系统的部落（渔猎为主）所留。不过，这些遗址的绝对年代则较晚，相当于中原地区的战国至汉时代。



图1-1-1　海城县姑嫂石大队石棚

原始建筑的发展，以中华民族的主要发祥地黄河流域和长江流域为代表，以长江流域沼泽地带的巢居和黄河流域黄土地带的穴居，作为讨论我国原始建筑发展的两个主要线索。

第二节　巢居和干阑建筑

长江流域中下游地区是我国文化发展较早的地区之一。远在6000—7000年以前，长江下游滨海一带即发展了堪与黄河流域仰韶文化媲美的"河姆渡文化"。由于这一带河流沼泽密布，地下水位很高，一般不可能采用挖洞的办法来解决居住问题。主要是借助树木的支撑构成架空居住面的窝棚，即所谓"巢居"，这种居住方式既可防避野兽的侵害，也可脱离潮湿的地面。

巢居的构筑，主要取材于树木。因此在木结构技术方面，很早就积累了经验。

一　"构木为巢"

前述"有巢氏"教人"构木为巢"；是古代中国广为流传的一个传说，说明远古曾经存在过巢居。

但是，真正发明巢居的应不是个别人，而是氏族集体，是世世代代营造经验积累的结果。巢居产生的时代，大约在氏族社会早期。它可能曾经一度作为夏季的一种居住形式；巢居高爽，在夏季也有利于避免野兽的危害。冬季采用穴居，湿度较小，而且可以生火，借以防寒、防潮。待穴居的防潮、通风技术有了进步，则夏季也可居住，无需另构橧巢了。仰韶文化时期的穴居，大概是冬夏都可使用的。

《孟子·滕文公》记载“下者为巢，上者为营窟”，即地势低洼潮湿的地段作巢居，地势高亢燥爽的地段作穴居。这是合乎实际的，而且已为考古发掘所证实。地势高亢的黄土地带，营造穴居很方便，又由于地下水位较低，防潮比较容易处理，因此穴居成为黄土地带原始居住建筑的主要形式。凡是地势较高，有条件挖筑穴居的地方，不仅黄河流域，即使长江流域、珠江流域以及西南、东北地区，凡具备黄土地带条件，总是采取穴居的方式。湖北长江南岸属于大溪文化的红花套遗址，江苏省属于青莲岗文化的大墩子遗址等等，都曾发现过穴居系统的建筑遗迹。然而对于地势低洼的沼泽地带来说，巢居以其特有的优越性，而成为这类地区原始建筑的主流。

巢居的原始形态，推测是在单株大树上构巢：在分枝点开阔的杈间铺设枝干茎叶，构成居住面；其上，用枝干相交构成遮荫蔽雨的棚架。看来确实象一个大鸟巢。关于巢居较为原始的形态，可从近代民族学材料中得到一个近似的了解。

二 从巢居到干阑

巢居的发展大约经历以下几个主要环节：

独木橧巢（在一棵大树上构巢）→多木橧巢（例如在相邻的四棵树上架屋）→干阑式建筑（居住面架设在桩柱上的房屋）。

象形文字所示的巢居形象，如农村所见利用树木搭成的看守窝棚（图 1－2－1）。干阑式建筑产生于沼泽地带，先为桩式，进一步发展，在稍干燥的地段或坡地上建筑，因其不易打桩，则改为栽柱架屋的干阑。这在浙江、江苏一带的遗址中（河姆渡遗址，草鞋山遗址等），有明确的现象。江浙一带遗址表明，早期沼泽地为桩式，晚期地势增高，即改为柱式，柱脚多垫有木板，以防沉陷（图 1－2－2）。



图 1－2－1 河南洛阳郊区“看青棚子”

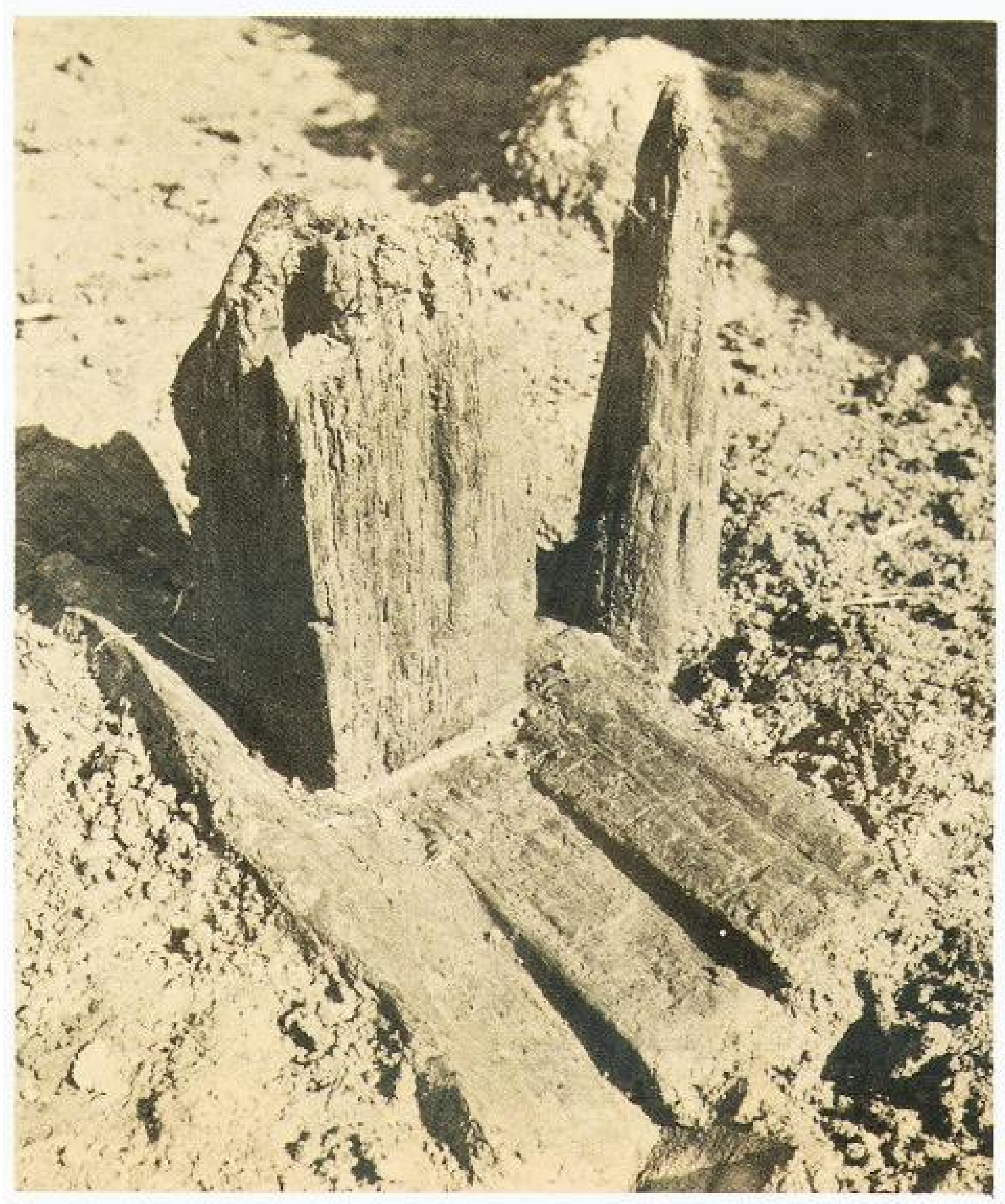


图 1－2－2 浙江余姚县河姆渡遗址晚期木柱残段及木板柱脚

三 河姆渡文化（公元前5000年）的干阑式木构

浙江省余姚县河姆渡遗址[1]原为6000—7000年前的母系氏族繁荣阶段的聚落。当时以水稻为主要作物的耜耕农业已相当发达。房屋建筑主要使用木材，在木结构技术方面取得了惊人的成就。

河姆渡遗址早期建筑为干阑式长屋，从已揭露的局部来看，一座长屋的不完全长度将近30米。使用木材建造这样的长屋，说明木构技术的发达，也说明木构技术已有相当久远的历史。

（一）河姆渡遗址早期长屋残迹所反映的一般情况（图 1－2－3）

建筑遗址从已揭露的情况可以看出：

长屋通进深约700厘米，前檐有宽约110厘米的走廊，其前沿设直棂木栏杆，地板高出地面80—100厘米，用木梯上下。地板厚约10厘米，每段长80—100厘米，都是利用废旧梁柱之类截断、劈裂改制而成，上面留有榫卯残迹。地板浮摆在地板龙骨上。遗址中，地板以下堆积厚薄不均的一层稻壳、菱壳、兽骨、兽角等生活垃圾表明，该屋在使用期间可任意掀开地板，从室内投

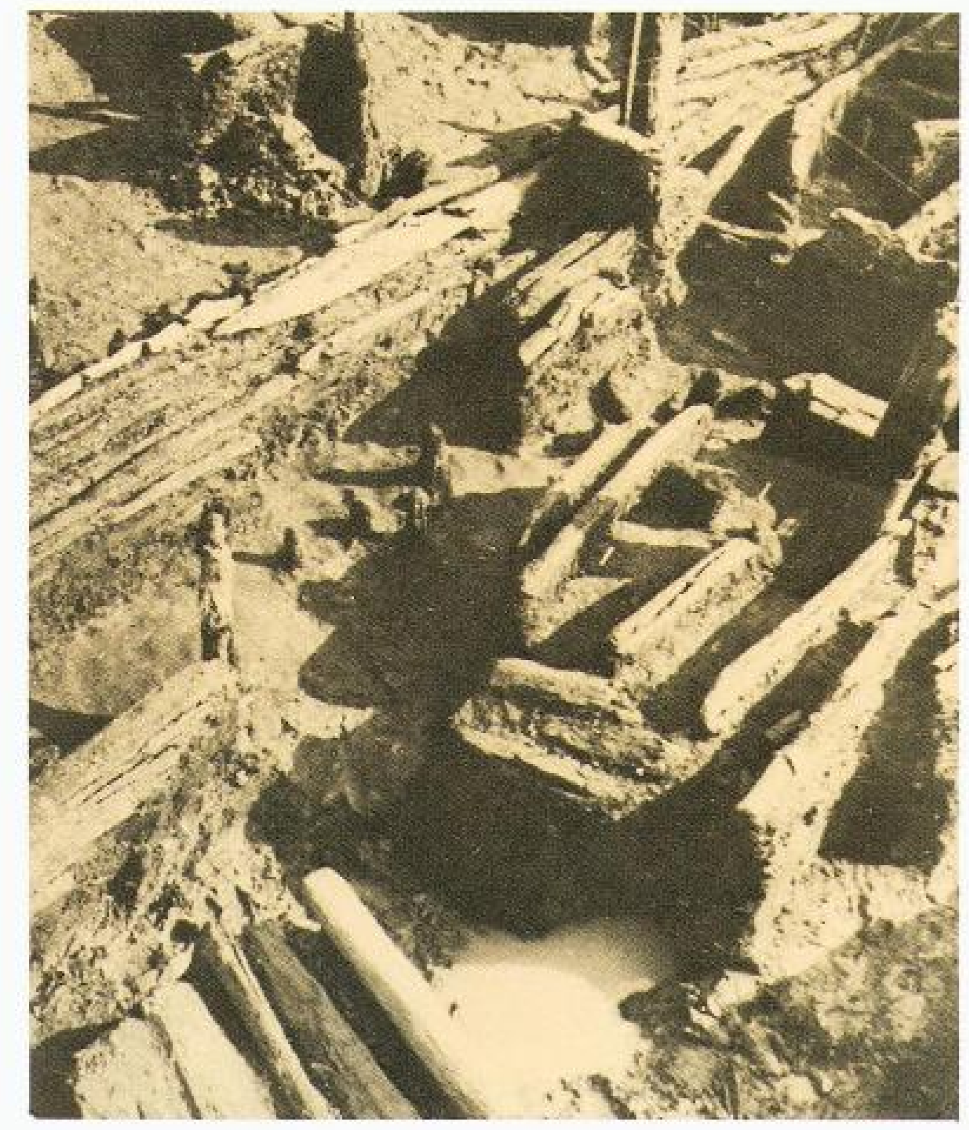


图 1－2－3 浙江余姚县河姆渡第四期遗址的木构残件

下垃圾。

桩木一般直径为8—10厘米，最大圆桩直径20厘米；方桩15×18厘米；板桩一般厚约3—5厘米，宽20—50厘米。一般桩入地60—80厘米（图 1－2－4）；主要承重的大桩，入地150厘米。地板大梁跨度约310—340厘米、小梁跨度可能为130—190厘米、柱高263厘米。

图 1－2－4 浙江余姚县河姆渡遗址出土木构件——桩尖

据目前获得的遗址材料推测，这些干阑长屋或类似西藏昌都珞瑜地区民间房屋的情况。

（二）木材加工工具和技术

1. 伐木主要使用石斧。江苏吴江出土的完整石斧，木柄安装未用扎结而是榫接。石斧伐木的截端略成桩尖状；所遗留的树桩截端，略呈一毛碴的平面。

2. 成材工具。横截木料，使用石斧。方木、板材的加工，使用石斧、石锛、石楔，其中以楔具为主。从出土器物来看，石楔即石斧头，不安柄即作为楔具使用（图 1－2－5）。与刃部相对的顶端有打击痕迹，打击工具约为木棒、木槌。纵

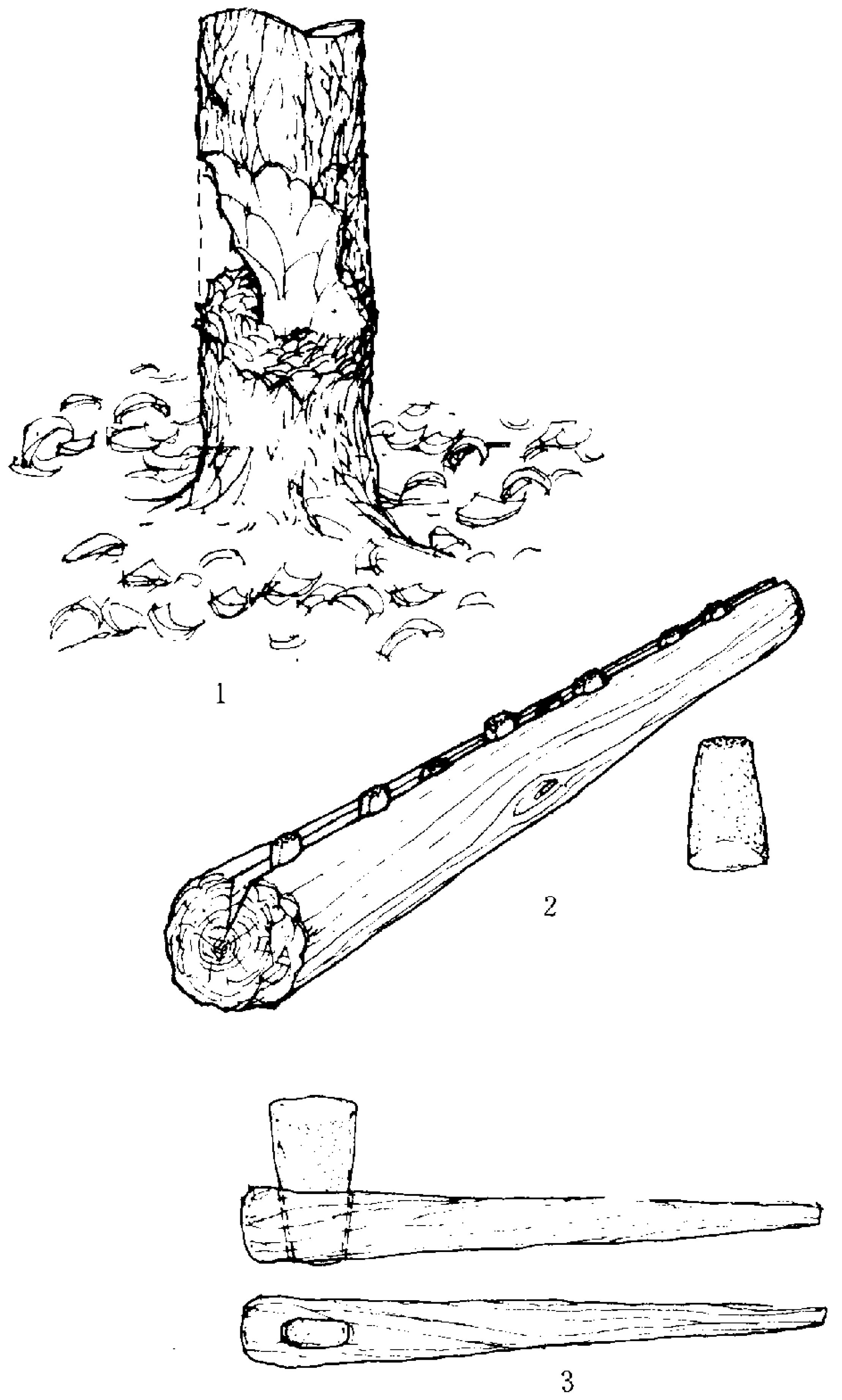


图1-2-5　石斧、石楔及其操作工艺示意图
1.石斧伐木——截端略呈桩尖状;
2.木材纵向劈裂使用石楔;
3.江苏吴江出土带木柄的石楔

裂木材的方法一如劈裂石板,即在拟定的断线上,每隔一定距离加楔。西藏有的地区,民间至今仍用此法劈裂原木、加工板材。

榫卯加工工具:榫头的制作,用石斧、石锛、卯口用石凿、骨凿以及木棒、木槌等打击工具。

(三)榫卯类型

构件垂直相交的节点采用榫卯(图1-2-6),多杆复杂交接的节点仍用扎结。遗址所见木构件多经重复利用,晚期建筑多利用早期废屋的旧料。一部分直接利用原构件。此外,例如废旧大料截断使用,梁枋之类改作桩木,圆木或较大截面的方料纵裂成板材等等。因此,构件上多残存早期废弃的榫卯。归纳其常用榫卯约有以下几种(图1-2-7)。

第三节　黄土地带穴居建筑的发展——土木混合结构的主要渊源

黄河流域中游,其广阔而丰厚的黄土层,为穴居的发展提供了有利条件。黄土质地细密,并含有一定的石灰质,其土壤结构呈垂直节理,壁立而不易塌陷,适合横穴和袋型竖穴的制作。在母系氏族公社进入农耕为主的经济、提出定居的

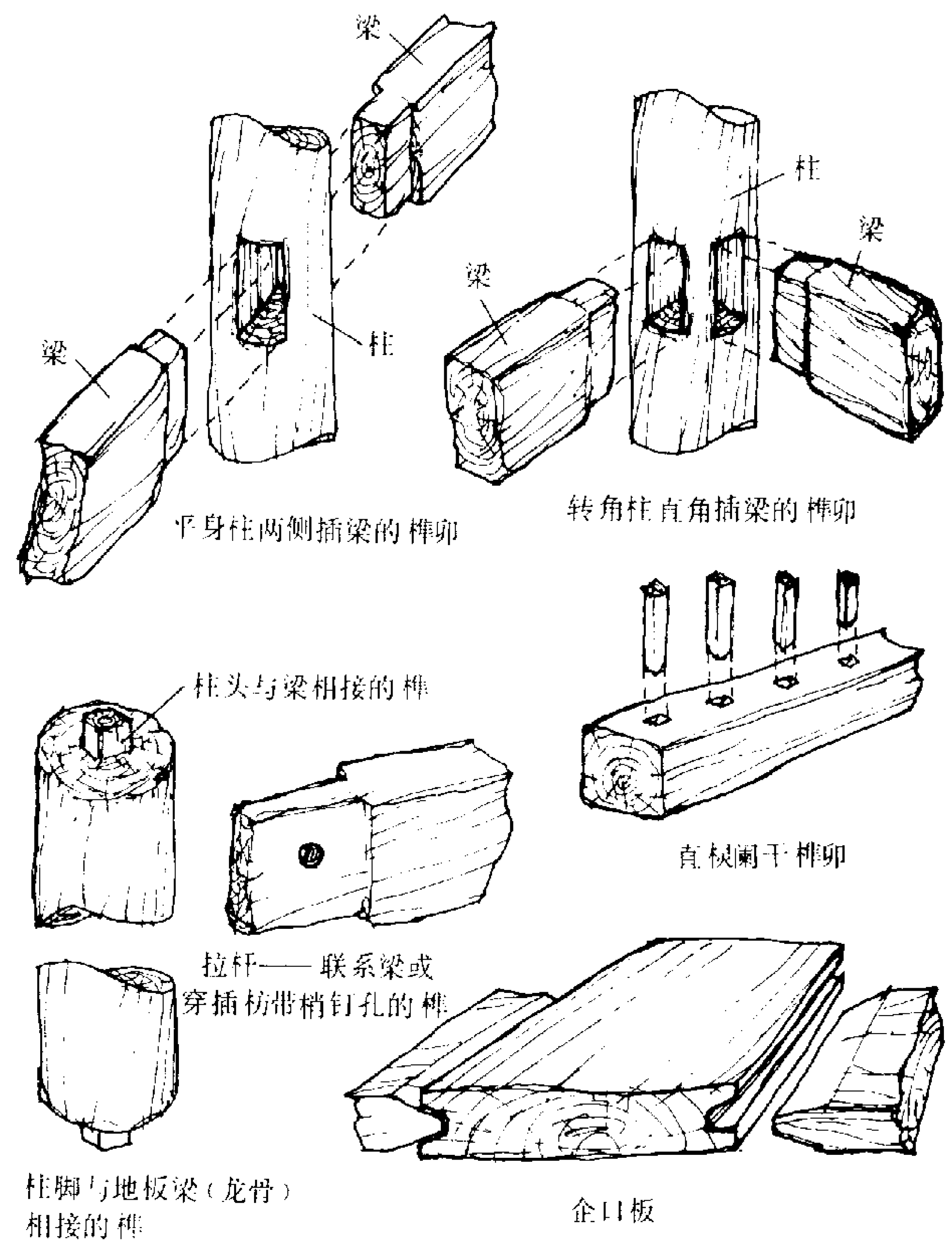


图1-2-6　浙江余姚县河姆渡遗址出土木构件的榫卯类型图

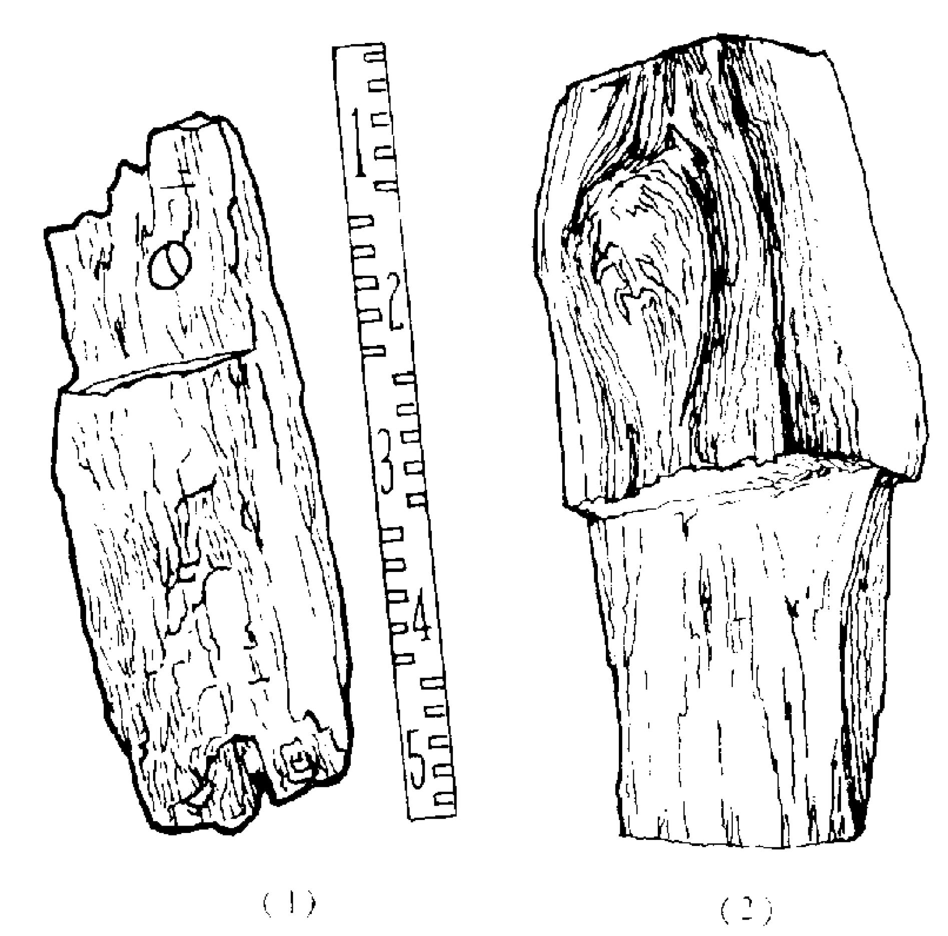


图1-2-7　(1)浙江余姚县河姆渡遗址出土木构件——带梢钉孔的梁头榫;
(2)浙江余姚县河姆渡遗址出土木构件——梁头榫

要求之后,穴居这一形式在黄土地带遂得到迅速的发展。

一　穴居发展过程

穴居的发展,约经过以下几个主要环节:

横穴→袋型竖穴(口部以枝干茎叶作临时性遮掩或加粗编的活动顶盖)→半穴居(竖穴口部架设固定顶盖,古文所谓"复穴")→原始地面建筑(围护结构都是构筑起来的,围护结构分化为墙体与屋盖两大部件,图形文字作⾍)→分室建筑(建筑空间的组织)。

(一)由地下至半地下的发展

在黄土断崖上营造横穴,只是对自然厂、洞的简单模仿。依同理,在陡坡上也可营造横穴。进一步发展,则在缓坡上营穴。此时需要首先垂直下挖,然后再横向挖掘,这便开始了横穴向竖穴的转化。缓坡营穴随即过渡到平地营穴,这便形成完全的袋型竖穴。

底大口小的袋穴,其纵剖面为拱形,正是能解决避风雨的一种空间围护方式。雨雪时,应是用树木枝干、草本茎叶之类作遮掩。竖穴口部的这种采用枝干茎叶杂乱铺盖的临时遮掩,便是"屋"(屋盖)的胚胎。逢暴风骤雨,这种临时遮掩每不应急,因而逐步改进扎结成架,即来用枝干茎叶扎结成一个仿佛斗笠的活动顶盖,平时搁置一旁,当风雨和夜晚盖在穴口上。这种活动顶盖,可以说是"屋"的萌芽。活动顶盖常随阴晴以及出入洞穴而移动,还是很不方便的。进而固定搁置在穴口,而在顶盖上留出一个缺口作为上下出入的孔道。这便形成了固定的棚盖——"屋"。穴居发展到此,开始具备了固定的体形,即在地面上可以看到一个小小的窝棚。河南省偃师县汤泉沟袋型竖穴H6,穴底篝火等生活遗迹表明原是居住建筑,可作为这一发展阶段的典型实例(图1-3-1)。

汤泉沟H6的穴壁拱深较浅,穴底并有支柱痕迹,可知顶部设有固定棚盖。支柱贴靠穴口,柱侧穴壁上并有横向柱洞,可知支柱兼作出入(上下)扶梯之用。这种居住形式,虽然已具备固定棚盖,但其使用空间还是挖掘而成的。在当时的营造技术条件之下,挖穴比较容易,而扎结棚盖还是比较复杂而困难。

随着棚盖制作技术的熟练和提高,其空间体量不断加大,为减小竖穴深度空间的缩小创造了条件,于是便形成浅袋穴的半穴居。使用木耒、石铲、骨铲之类的原始工具挖穴效率很低(从半坡遗址穴保留的宽2—3厘米的截面为弧形或扁平的痕迹看,其挖掘工具为较窄的骨、石工具或木耒之类)。浅穴节省了挖方量,亦即提高了营建的效率。这种半穴居的内部空间,下半部是挖掘出来的,上半部是构筑起来的。也就是说,建筑从地下变为半地下,开始了向地上的过渡。处于这一发展阶段的实例,如洛阳孙旗屯袋型半穴居(图1-3-2)。

孙旗屯半穴居复原,其竖穴呈袋形,深约100厘米左右,出入口无雨蓬,植物茎叶屋面,内部空间狭隘,中央设火台,这一居住形式明显地保留着脱胎于袋型深竖穴的痕迹,尽管棚盖加大、竖穴变浅、穴口已无收缩的必要,然而由于传统的惰性,仍保持着穴壁凹曲的形式。对于半穴居来说,袋形已成为实用空间的障碍。所以在进一步发展中,半穴居的穴壁改为直壁。

(二)由半地下到地上的发展

属于仰韶文化时期的西安半坡遗址[2],反映了半穴居晚期发展以及向地面建筑过渡阶段的情况,可以作为典型代表。半坡所见半穴居,其竖穴皆为直壁。较早的穴深80—100厘米,较晚的约20—40厘米,竖穴发展是由深而浅,直至形

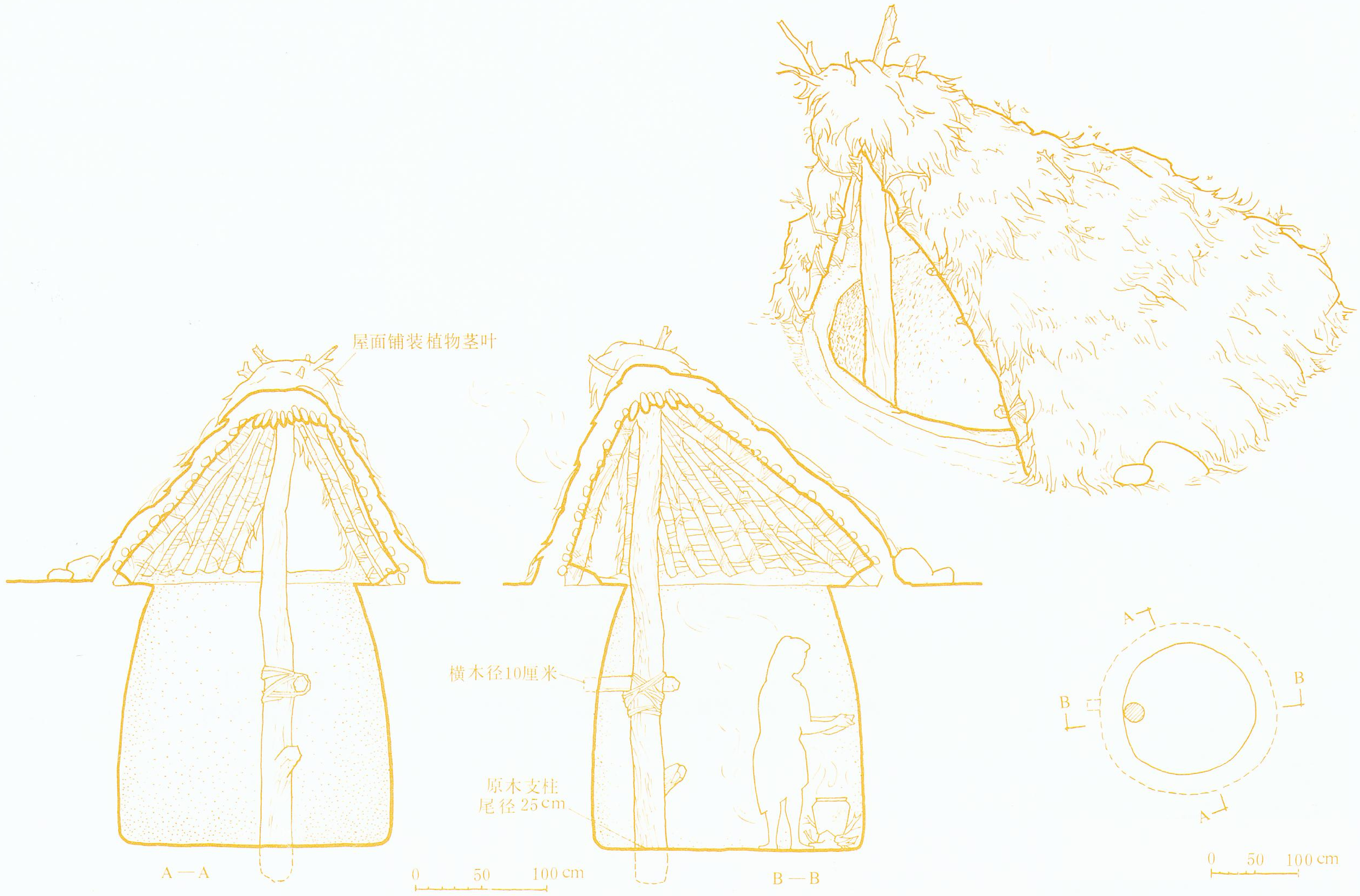


图1-3-1　河南偃师汤泉沟H 6 复原图

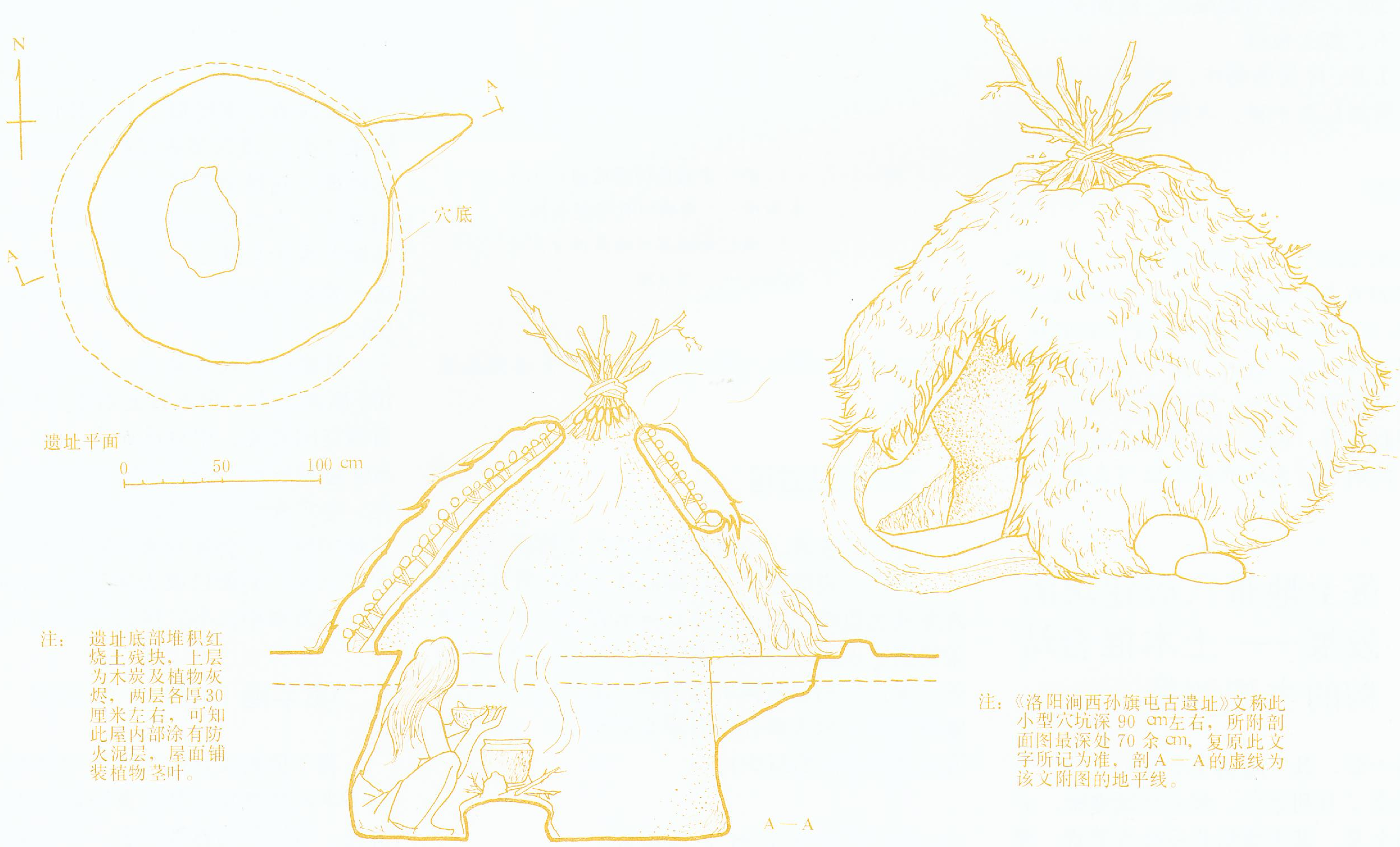


图1-3-2　河南洛阳孙旗屯遗址复原图

成地面建筑。

半坡考古材料按营建技术的发展程序排比，其结果与遗址早晚期的考古学断代基本相符，发展线索清楚。半坡建筑的发展，可分为早、中、晚三期。

早期：半穴居——下部空间是挖土形成，上部空间是构筑而成。

中期：居住面上升到地面，围护结构全系构筑而成。

晚期：分室建筑——大空间分隔组织。

参见（图１－３－３）“半坡建筑发展程序表”。

半坡建筑遗址就平面而论，可归纳为方形、圆形二类。

1．半坡早期

按现有材料，早期仅见方形。可以F 37、F 21、F 41为例。

其发展概况是，平面由方形趋于长方形；穴由深而浅，中柱布置由不规则到规则；火塘由篝火式的极浅的凹面发展为圆形浅坑，并有灶陉萌芽；顶部排烟通风口由椽柱交接的节点移至前坡顶端，内部椽木开始涂泥防火；卧寝部分的居住面高起，并出现“炙地”的防潮、防寒措施。

代表性的实例F 37、F 21、F 41遗址情况如下：

例一，半坡F 37（图１－３－４）

遗址平面近方形而圆角，四边向外略呈弧线，约420×475厘米，穴深约80厘米，直壁，中央有略凹的火塘，直径80厘米，竖穴局部被破坏，仅在穴内西北部发现两个连在一起的柱洞，二柱洞直径为10—15厘米，北柱洞深43厘米，南柱洞深33厘米，柱洞尖底，内壁有树皮痕迹，竖穴周围未见柱洞，出入口有门道，略呈踏跺四级。门道两侧各有一柱洞，门道内竖穴入口处，泥土门限两侧有厚约10厘米的隔墙，残高30厘米，内有直径约2厘米的木骨遗迹，穴内残存印有木构痕迹的草筋泥碎块。

穴底柱洞为直壁，应是上部围护结构的中心支柱遗迹，并用二柱，埋深不一，可知其中一柱为增设的加固支柱，即初建时只有一柱。柱洞有树皮痕迹，则柱为原木截段；柱洞尖底，是石斧伐木所形成的截端遗痕，并非有意加工的“桩尖”。柱脚尖端未修平，说明此时还没有认识到承压面小易于下沉的道理。鉴于发掘只见柱洞不见（难于辨认）栽柱挖坑的边界，可知柱坑为原土回填，无特殊加固处理。穴壁四周无明显的构筑痕迹，则顶盖应是自四周斜架椽木交于柱头。为便于架设周围的长椽，柱顶应留有枝杈从其它遗址残存的草筋泥块上的痕迹来看，椽柱交接以及椽木与横向联系杆件交接节点，是用藤葛类或绳索扎结固定的。由半坡F 26、F 24、F 34遗址看，所用藤葛直径5—10毫米；F 34另有绳痕，直径20毫米。扎结所用藤葛及由此加工的绳索，约为一种野生植物。椽间空档应有茅草、芦苇等植物茎叶填充，椽上设有横向枝杆扎结固定，从而构成一个不甚端正的（因柱不居中）方锥体构架，构架上涂草筋泥防水面层。黄土拌水成泥，是一种天然的可塑性材料；黄土泥可以粘结、成型，这对于已掌握制陶工艺的母系氏族盛期的人们来说，是已有的知识，而用为建筑材料，则又有所发展。半坡遗址，凡属保存倒塌堆积的，都发现相当厚的草筋泥围护结构的残迹，在泥土中掺合草筋，目的在于增强其抗拉性能，防止龟裂，这种作法汉唐文献称之为“墐”，谓泥土中掺合“穣草”，记载为“黍穣”。

这种做法在母系氏族时期即已广泛流行，而且已经采用农作物茎叶。黄河流域当时主要作物为粟或黍，半坡遗址的残墐中发现粟（或黍）粒痕迹，长江流域以稻为主要作物的地区，墐涂中多掺稻草。

沟状门道两旁柱洞，显然是防雨蓬架的支柱遗迹，柱洞南北略有错位，推测以短柱顶部支杈

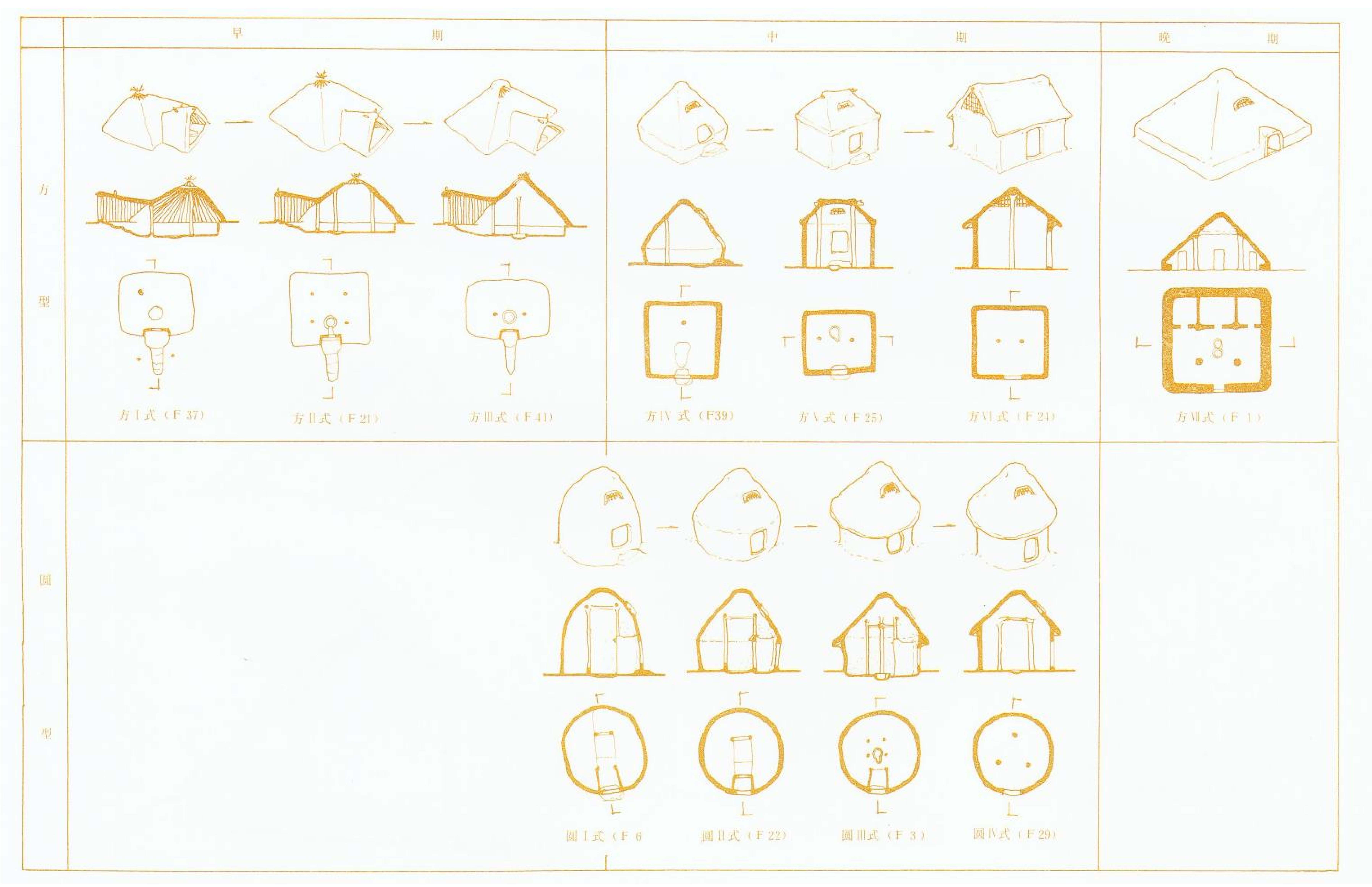


图1-3-3　半坡建筑发展程序表

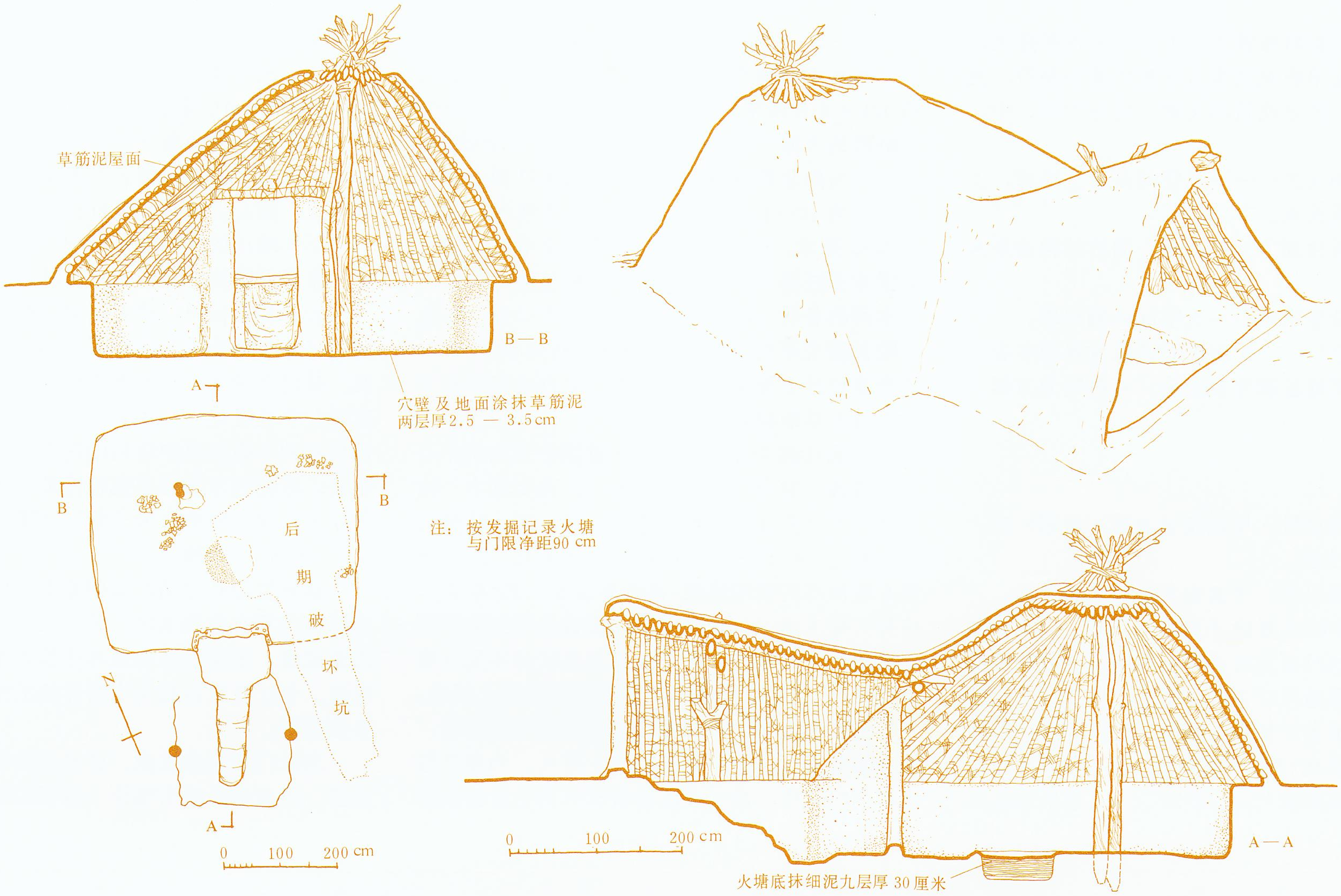


图1-3-4 半坡F 37 复原图

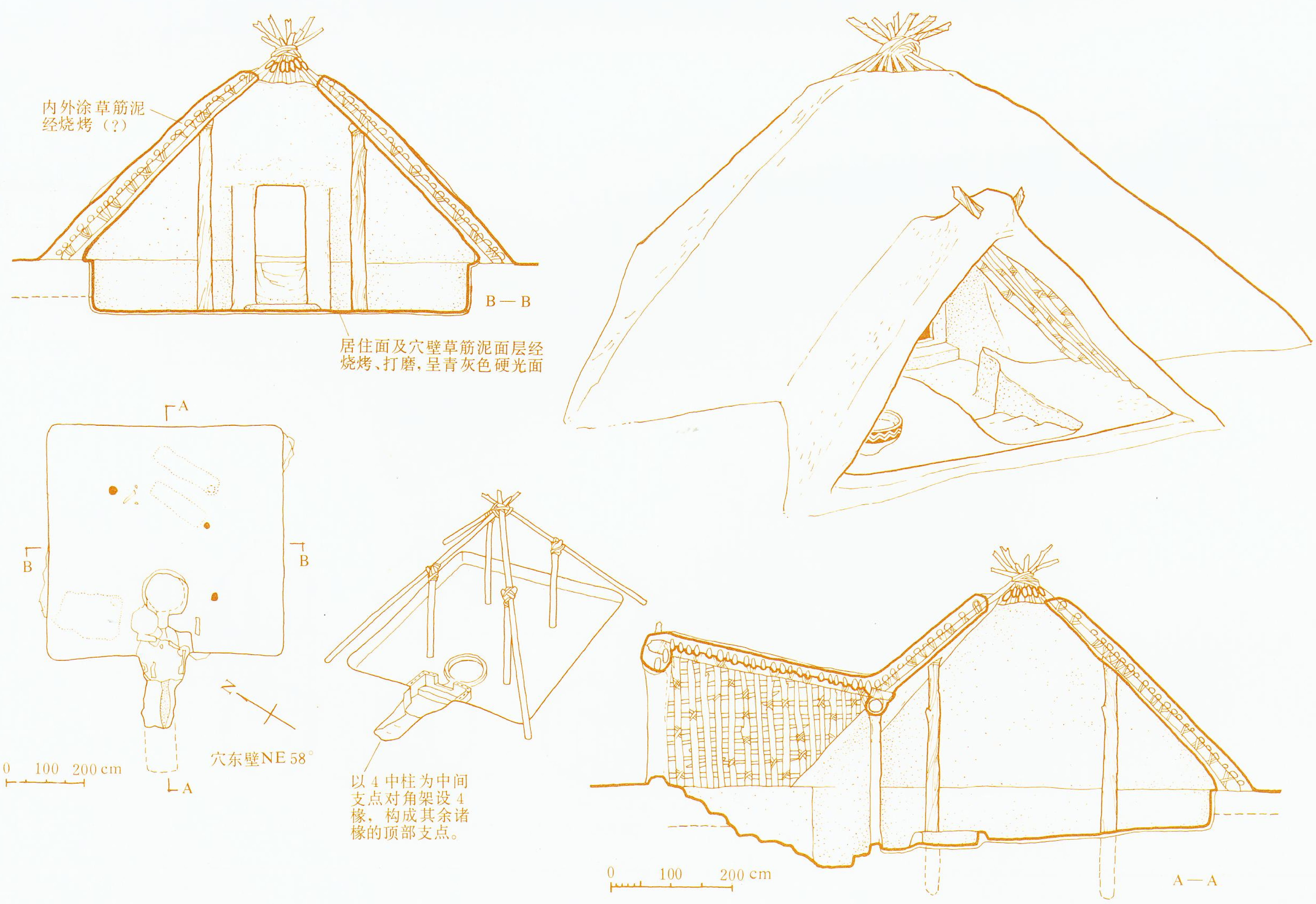


图1-3-5 半坡F 21 复原图

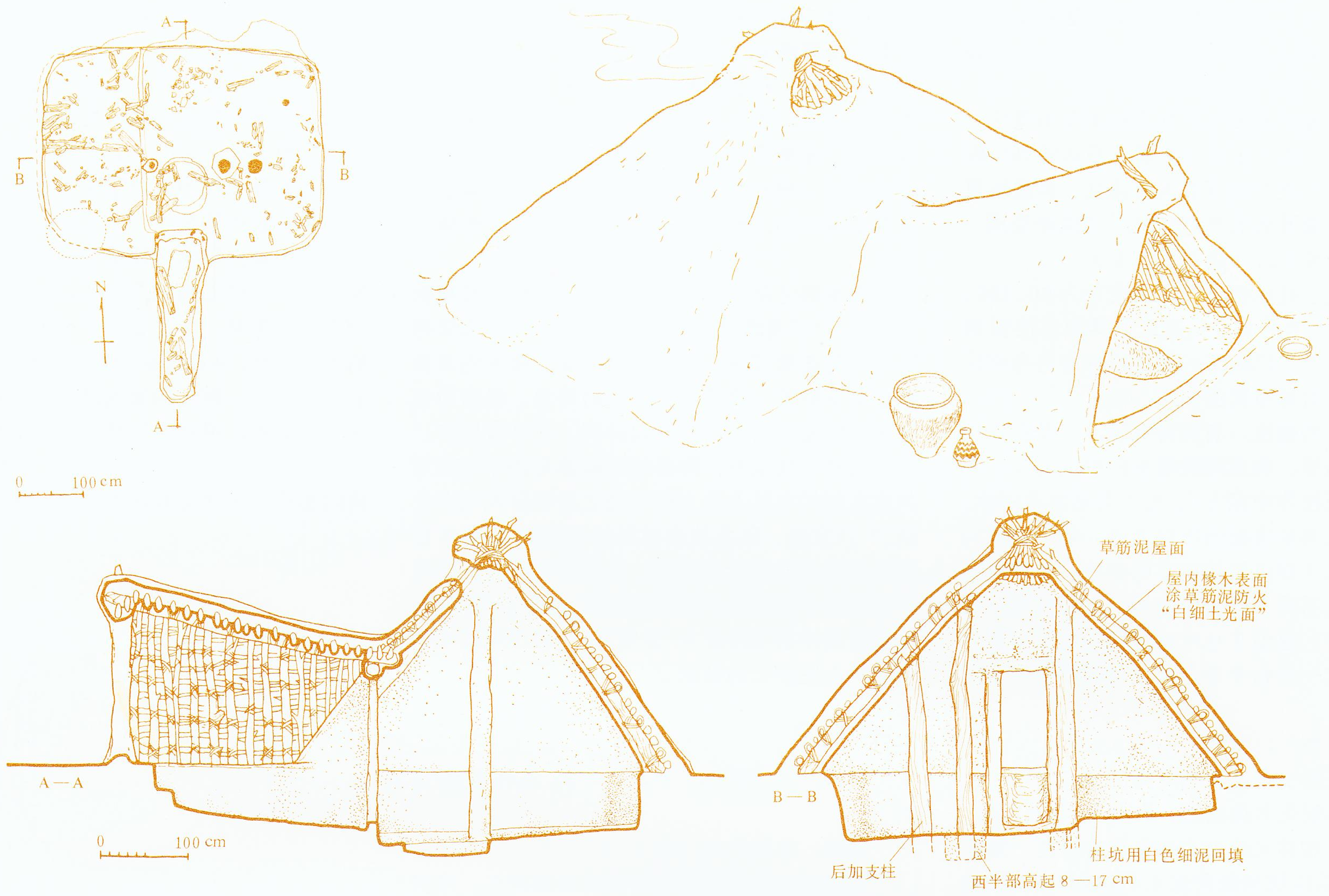


图1-3-6　半坡F H 复原图

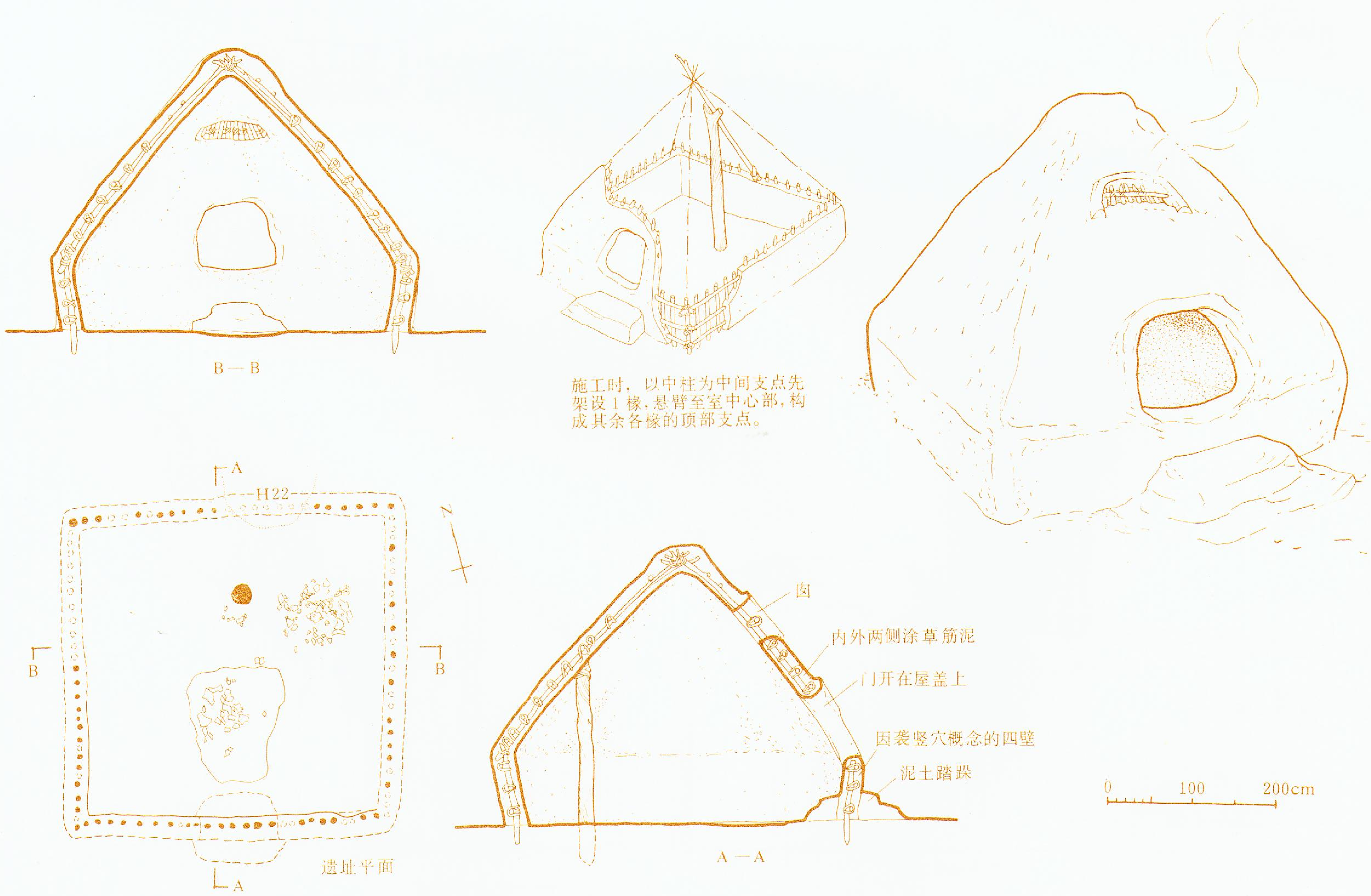


图1-3-7　半坡F 39 复原图

为中间支点架设大叉手，构成门道雨蓬横梁前方支点（梁悬臂至门道前端），梁的后端搭在顶棚上。

横梁上架椽。其面层一如方锥顶盖的做法。

门道前方，为防止雨水倒灌，有低矮如门限的土埂。至于门道与内部空间衔接处，据遗址复原，有木骨泥墙围成的类似“门厅”的缓冲空间。

例二，半坡F 21（图1－3－5）

穴底发现三处柱洞直壁，深度各为80、100、110厘米，其一为后加支柱遗迹。其余二柱洞的中轴对称位置上（已破坏）估计原来应另有两柱洞，现复原为对称布置的四中心柱。

顶部构架的做法，有两种可能：一是在四柱顶杈上架四横梁，构成周围椽木的中间支点；另一是以四柱顶杈为中间支点，先于对角架设四椽，顶部相交构成其余诸椽的顶部支点。例一雨蓬构架已采用大叉手提供顶部支点的做法，此例或沿袭这一做法。另外，柱洞深达80—100厘米，栽柱已相当稳定，这似乎也反映了四柱尚未用横向联系梁，从这一分析来看，后一种构架的可能性更大一些。

例三，半坡F 41（图1－3－6）

这个遗址毁于火，发掘时尚保存坍塌原状，底层堆积许多炭化木构残段。穴底发现四柱洞，据发掘记录，相邻火塘左右两柱洞有浅色“细泥圈”，即栽柱后柱坑用细密泥土（或掺有石灰质材料）回填，也就是说，柱基进行了初步的加固处理。另外两柱洞情况如前。

顶部结构有两种可能性较大的构架方式：一种是柱顶架横梁，以交接四周椽木，从而形成“四阿”屋盖；一种是按例二第二种的方式，以二柱为中间支点，先建一大叉手，构成其余诸椽的顶部支点。此例晚于例二，则此例应因袭其传统做法，以后一种的可能性更大一些。鉴于火塘上部需要争取空间，屋盖似乎也应作传统的方锥体形式。

据发掘记录，屋盖塌落的草筋泥残块发现粗面与抹有“白细泥土光面”两种，又有“平面烧得厉害”的迹象等等。据此推测，屋盖椽木内表面也涂有草筋泥。这是出于防火的需要。恩格斯在论述制陶起源时指出：“可以证明，在许多地方，也许是在一切地方，陶器的制造都是由于在编制的或木制的容器上涂上粘土使之能够耐火而产生的。”（《家庭、私有制和国家的起源》）制陶术已相当发达的新石器时代中、晚期的半坡人，把这一经验用于建筑中木构件的防火，是完全可能的。此遗址两柱根部残留有“泥圈”，可以证明确实已有木构涂泥防火的做法。

2．半坡中期

方形：可以F 39、F 25、F 24为代表性实例。

例四，半坡F 39（图1－3－7）

这座遗址的居住面与当时室外地面平，周围柱洞应是侧部围护结构的遗迹。值得注意的是，南部入口处排列有柱洞，说明门限甚高，以至需要内设木骨。所谓门限，实际是因袭穴壁概念的矮墙，鉴于柱洞较小，周围大约同是门限矮墙的高度，这是地面建筑的雏形，实际是以构筑起来的木骨泥墙代替挖土形成的四壁，估计墙体按竖穴的一般深度为80—120厘米。参考其它遗址，门内外有垫土作为入口踏跺。矮墙上架设顶盖，一如半穴居的情况。

其构架，根据中轴偏北的中柱遗址，可设想屋盖木构仍沿上面例三的架设方式，以中柱为中间支点，先架一椽，悬臂至室中心形成其余诸椽的顶部支点，从而形成端正的方锥体屋盖。这样，它应是例二、例三构架的进一步发展。周围排柱无重点加粗，说明这种萌芽状态的墙体构造与屋盖全同，即尚未明确区分“墙体”、“屋盖”两个不同的部件。由此可知两者交接一线无檐，估计类



图1-3-8 陕西武功县出土圆形无檐陶屋模型图

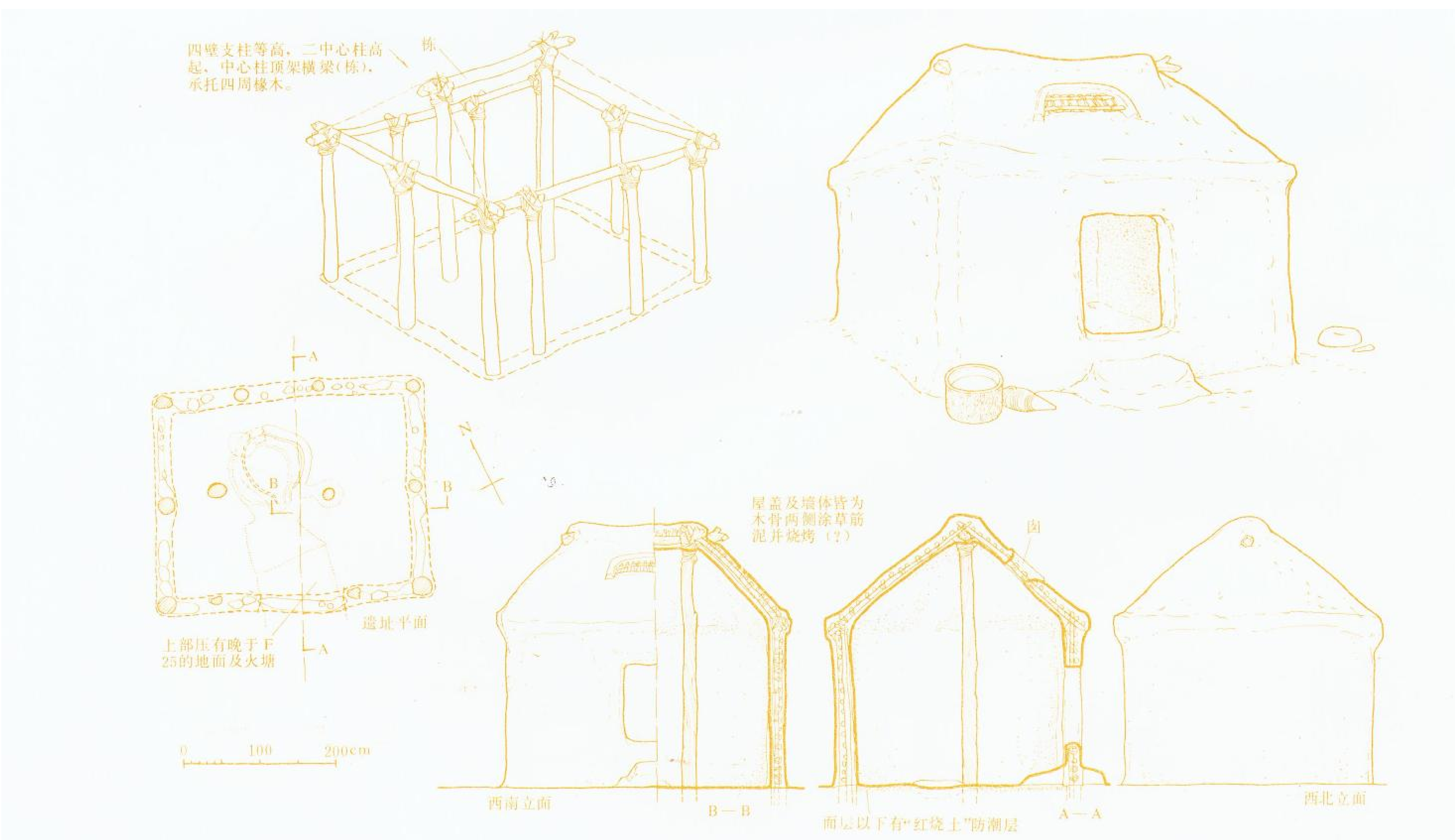


图1-3-9 半坡F 25复原图

似西安附近武功县出土的圆形陶制房屋模型（图1－3－8）。这一模型墙体甚矮，其高度基本上是半穴居的深度，墙体明显外倾，说明无横梁拉杆，由屋盖自重的水平推力使其产生有限变形。更有趣的是，尽管已有可供开门的墙体代替竖穴的四壁，但它的门仍是开在屋盖上的，全然是半穴居的处理。这个模型忠实地反映了初期地面建筑的基本特征，是一个非常可贵的材料。

例五，半坡F 25（图1－3－9）

遗址柱洞出现显著的大小差别，四角和四边中间以及室内二柱洞，直径最大的达25厘米；外围大柱洞之间的小柱洞，一般约5—10厘米，这反映了外围支柱已有承重与围护的分工。据此可以推测，外围柱顶杆件用料也有增大，基本上形成了檐檩。鉴于大柱洞的排列尚未形成严格的柱网，周围支柱所构成的四壁，可能仍因袭前期穴壁的传统概念，处理成等高的、仅二中心柱高起，屋架仍有传统“攒尖”式的可能。但从周围主要承重柱加粗判断，墙体有所增高，内部空间已有相当高度，似乎无需“攒尖”争取空间，可能已采用中心柱顶架梁（脊檩），以承受四周椽木的结构方式。由外围杆件分工的情况来看，已基本形成“墙体”，“屋盖”两部分，则墙体与屋盖交结的一周，涂泥已有分界的凸棱。江苏省邳县大墩子遗址出土的陶制房屋模型（图1－3－10），其檐部的特点，正是这一发展阶段的情况。

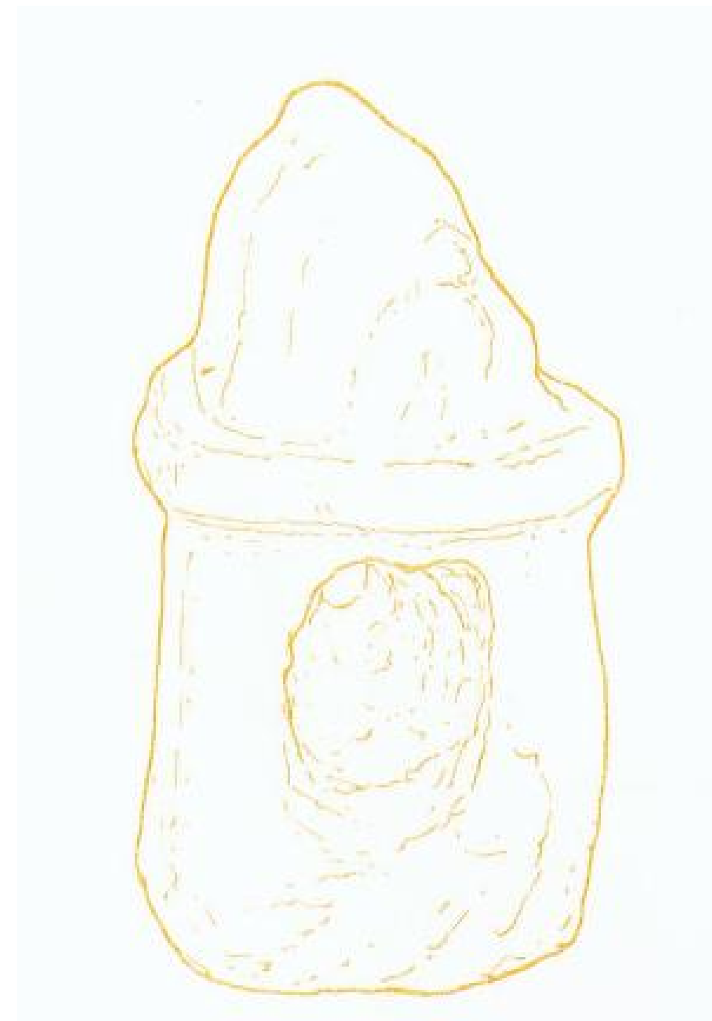


图1-3-10　江苏邳县大墩子出土陶屋模型图

例六，半坡F 24（图1－3－11）

这一遗址情况与例五类似，但较为规整。大柱洞已略呈柱网，初具“间”的雏形。这是一个非常重要的实例，它标志以间架为单位的“墙倒屋不塌”的中国古代木构架体系已经萌芽。另一个值得注意的现象是，中间一列四柱洞大致在一直线上，约反映了脊檩已达两山，即四柱等高。据发掘记录，遗址中部偏南一带，有与南墙平行的草筋泥残断直达东墙（西端残缺）。残墙两面涂泥，共厚26厘米，中间有南北向扁洞（约7厘米×2厘米），应是板椽遗迹，可证敷泥屋盖为南北两坡（室内地面未见沟漕和小柱洞的墙基，可知室内无隔墙）。参考类似民居，其排烟通风口大约设在山尖上。板椽为同期方、圆建筑所通用，它反映了屋盖与墙体构造已有不同，椽间不再施加草把、苇束之类的填充材料，而是在密排板椽上直接涂草筋泥。屋盖应已出檐。

入口宽敞，但门内外均未发现缓冲处理或遮挡结构的痕迹，看来似乎门口已采用不固定的掩闭设置，诸如苇编的帘、席或枝条编笆之类的挡板。

圆形

穹庐式屋外围结构混然一体，具备早期特征，但空间构筑而成，居住面升至地面，不用竖穴，又具中期特征。因此，可视为早期到中期的过渡形态。圆形建筑的发展，可以F 6、F 3、F23、F 29为例。

例七，半坡F 6（图1－3－12）

遗址平面为不甚规则的圆形，最大直径约670厘米，中部偏北有二柱洞，柱间有防火拦护坎墙。参考同时同类遗址可知，残缺部分还有对称的二柱，故应为四中柱。

这一遗址的重要现象是：墙体较薄（16—20厘米），泥墙内的木骨遗迹多为半圆形、楔形、矩形等扁长柱洞，即木骨多为劈裂加工的木材，其截面长边多在10厘米左右，长边沿圆屋切线布置，其间无较粗的原木。

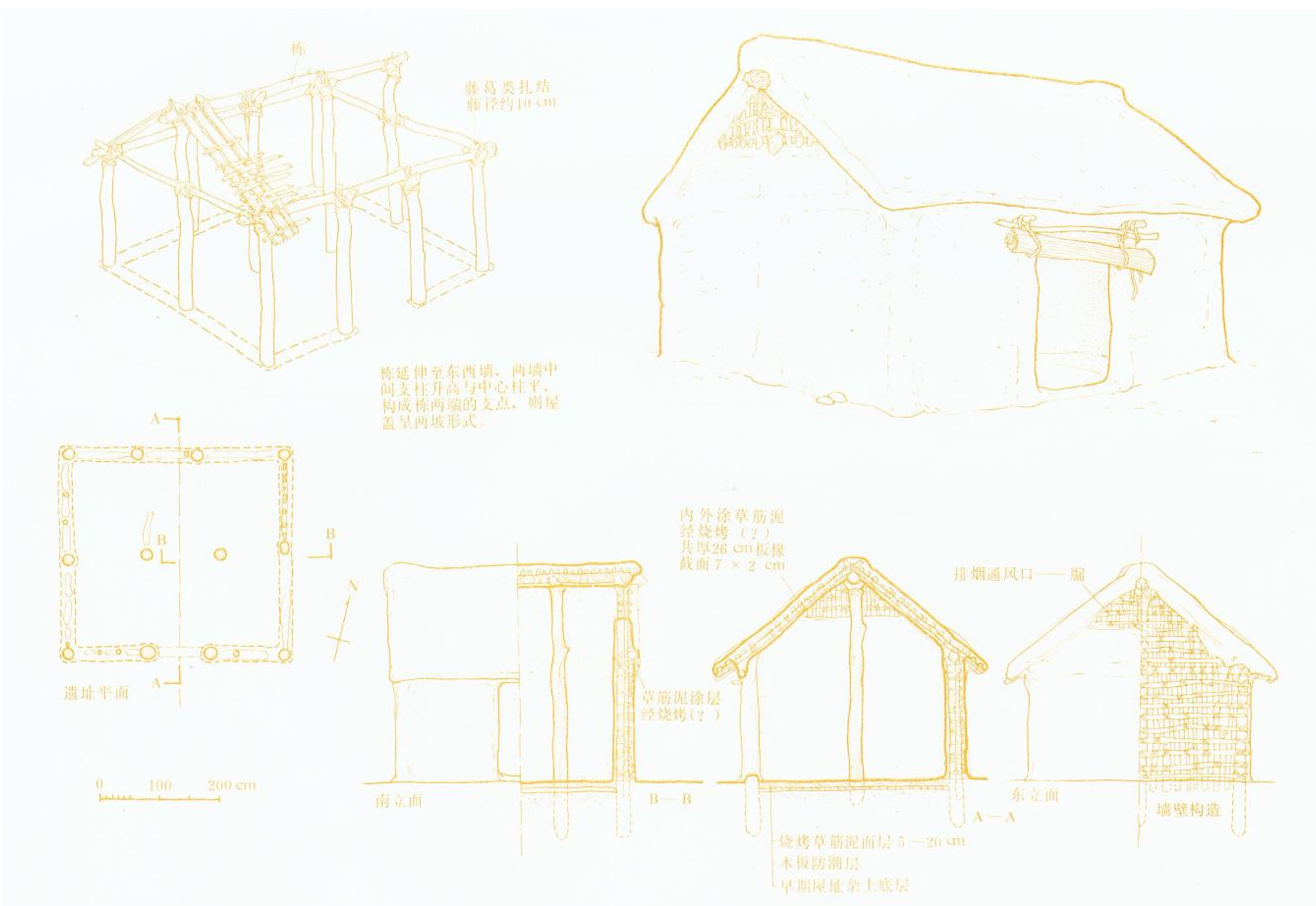


图1-3-11　半坡F 24复原图

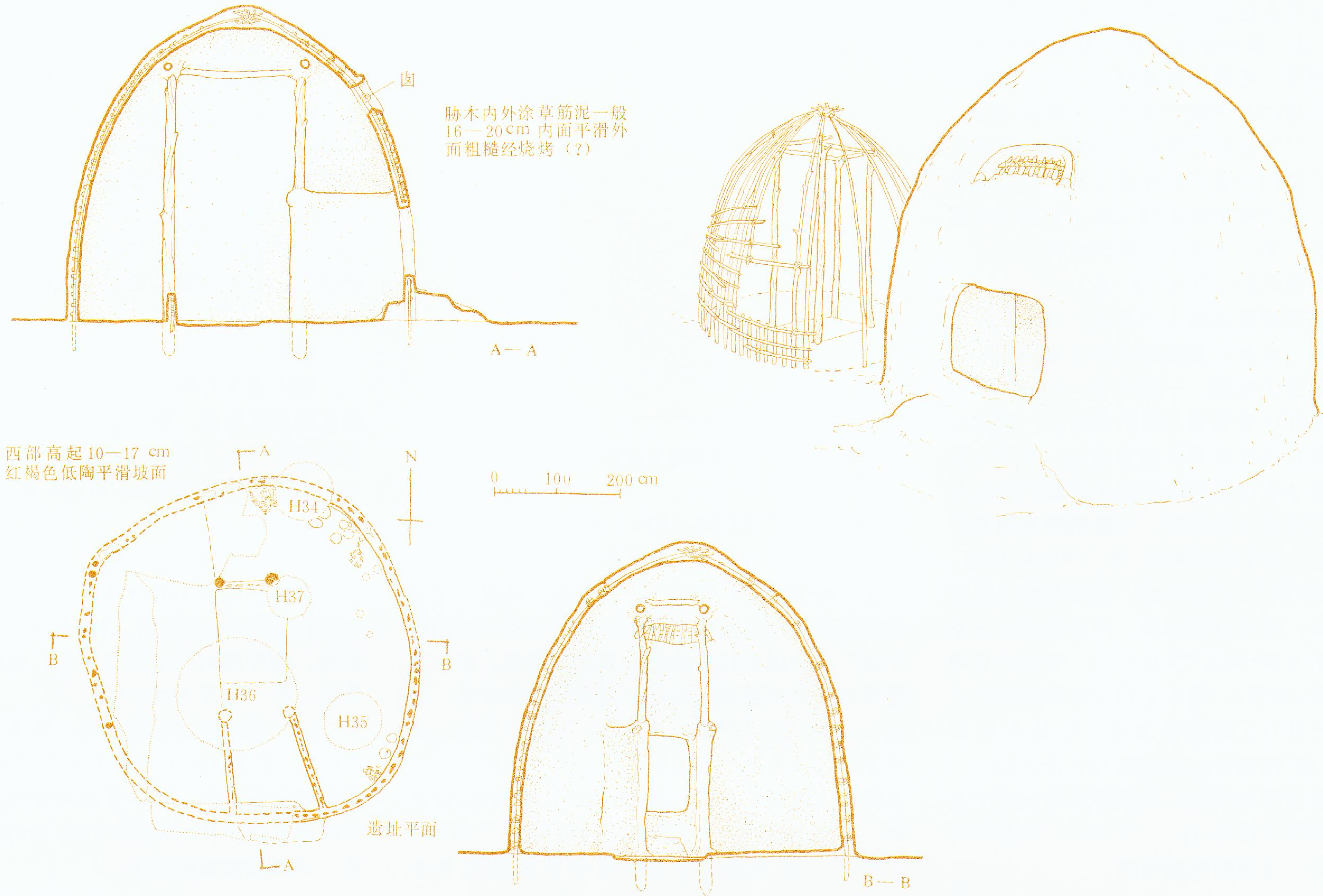


图1-3-12 半坡F 6 复原图

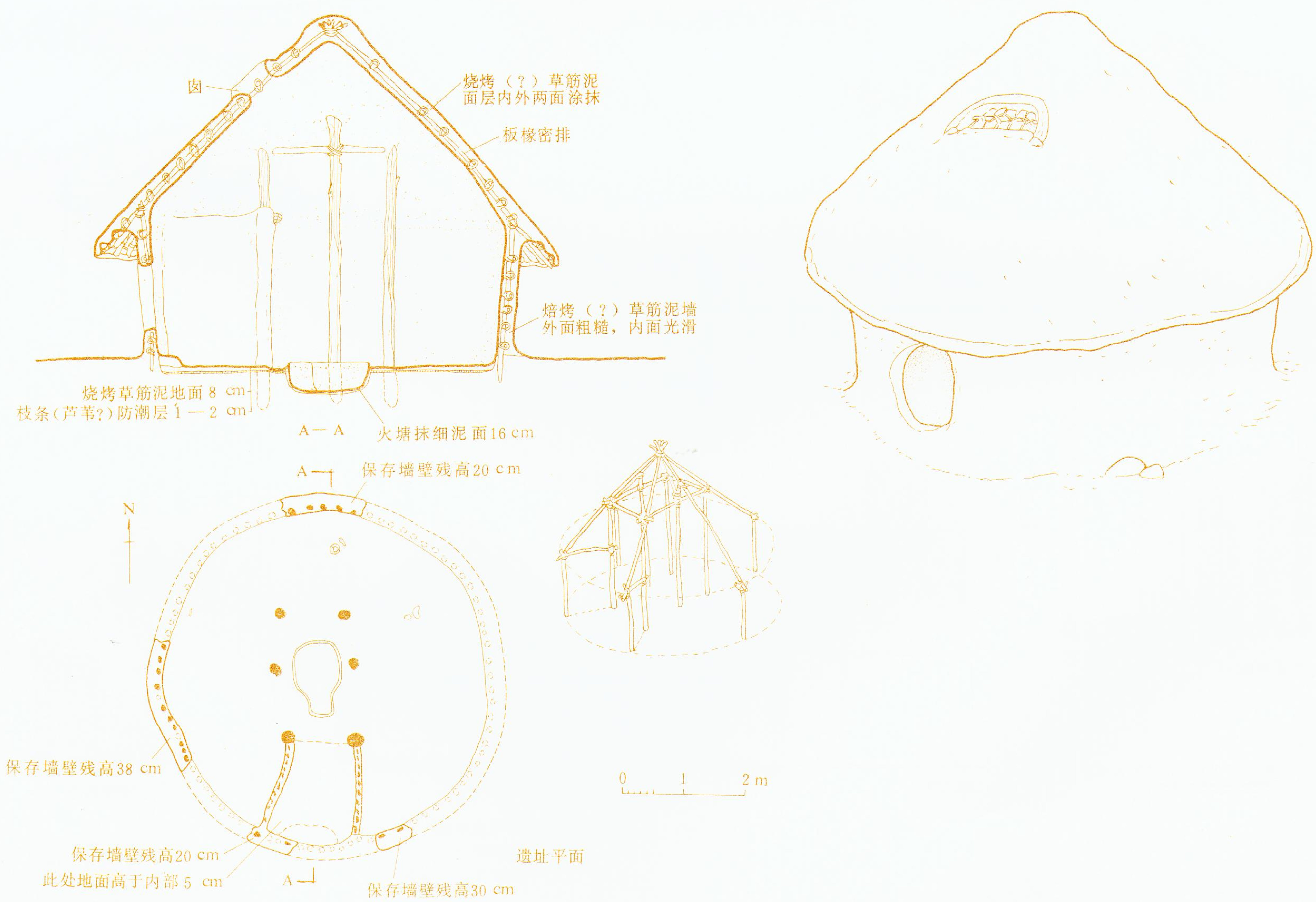


图1-3-13 半坡F 3 复原图

根据这种现象分析如下：

墙体木骨截面扁长，长边不过10厘米左右，则木骨上端截面应更小；其间无等距布置的大柱洞，说明荷载均布在这些杆件上。

从早期用料情况看，承重支柱用原木，其截面一般直径15厘米左右，这一遗址所用为纵裂的截面较小的扁木，如为承重的墙体支柱，既费工又不能稳固地承受厚重的泥土屋盖荷载，由此判断它不是一般木骨泥墙的骨架。

使用石斧、石锛以及木石楔具之类劈裂原木是相当困难的。作为支柱，无劈裂加工的必要，这里原木劈裂使用，另有目的。

此类构件两侧涂泥较薄，总厚度不超过16—20厘米，与F 3一类圆屋遗存的厚25—30厘米的墙体比较，显然不同。

综上来看，周围薄墙内的扁长柱洞应是穹庐式屋木骨遗迹，陕西长安县五楼采集的仰韶文化陶制房屋模型，正是这种建筑形式的写照。山西芮城东庄F 201遗址的复原，是较此例更为原始的穹庐式屋。对照来看，半坡型较为优越。首先，遗址入口处有木骨遗址，推知门限较高，可略起掩蔽作用，也可减少室外尘土吹入室内。其次，门内两侧设隔墙，墙后形成适于卧寝要求的隐奥空间。据同类的F 2等遗址中部塌落的草筋泥凸棱残段推测，入口上方屋面设有排烟通风口。

例八，半坡F 22

这座遗址毁于火，发掘时尚保存坍塌原状。

周围墙体厚达25—30厘米，从柱洞看，木骨最大直径约20厘米，一般为4—16厘米的原木，看来围护结构已分化为墙体与屋盖两部分。鉴于墙体内的支柱尚无承重与围护的结构分工，估计屋盖构造与墙体相同，可能尚遗留脱胎于穹庐的痕迹——屋盖与墙体交接圆滑，无檐或凸棱。

入口内吸取半穴居的经验，做出一个完整的缓冲空间。火塘以北二中柱之间设有拦护坎墙。

例九，半坡F 3 （图1-3-13）

这座遗址保存较好，据周围残墙遗迹及板椽屋盖残块，推测原为墙体上覆圆锥体屋盖的形式。屋盖出于墙体外形成出檐。遗址中部一带保存的草筋泥凸棱残段，特别是尽端残段，证明这一类凸棱并不是环起来的“弧状屋脊”，而可能是屋盖南坡（背风一面）上排烟通风口的防水边棱。武功出土的一个陶屋，作圆形，在入口一侧的屋盖上开有天窗的形象（图1-3-14），可作为这一推想的佐证。

特别值得注意的是，六柱不随圆屋作环形布置，这有力地证明了除柱头的六基本椽处，其余诸椽无中间支点（仍采用大叉手做法），即柱顶如设横向杆件，只起联系作用，不是承托屋椽的梁，也就是说，其架椽方法与方屋为同一体系。

六柱可架六基本椽，构架较四柱稳定性略有提高。

入口处有柱洞，推测仍是高门限。

这一遗址的火塘加深，有灶陉萌芽，故北部柱间坎墙略去。这恰可证明例七、八北部二中柱间的薄墙遗迹，确是防火拦护坎墙。

例十，半坡F29

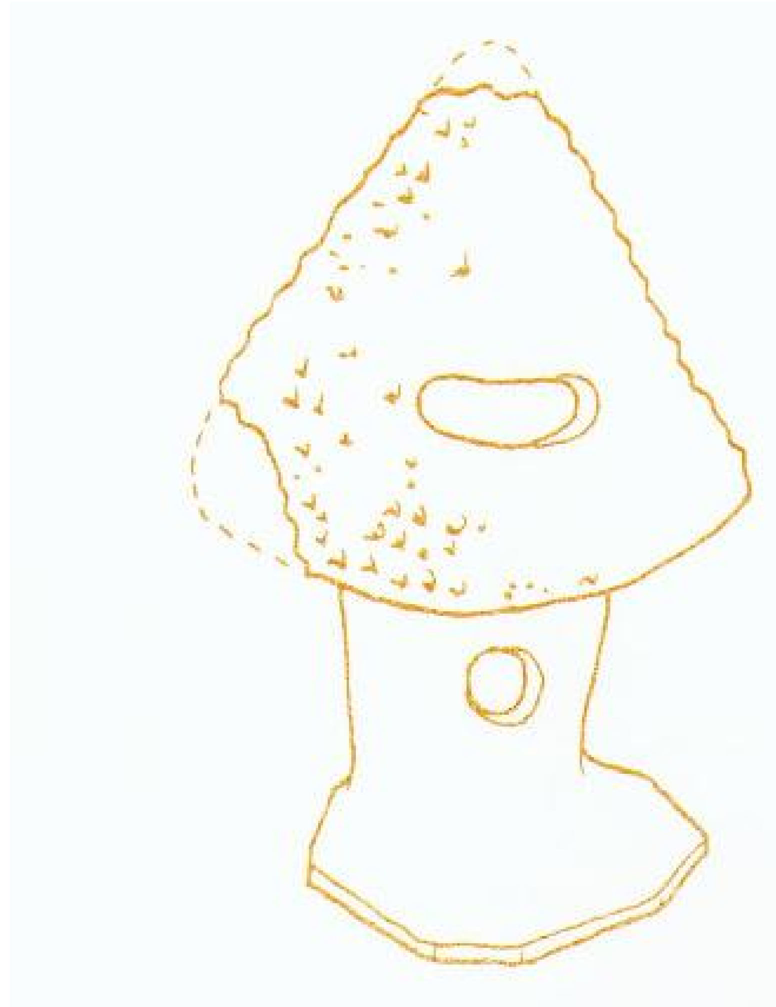


图1-3-14　陕西武功县出土有窗圆形陶屋模型图

平面圆形，直径约350厘米，居住面涂草筋泥2—3厘米，打磨光滑，室内有约为等边三角形三顶点布置的三个柱洞（图1-3-15），直径20—25厘米，一个重要现象是，周围柱洞有显著的大小之别，并且排列有序——大柱洞直径约与中部三个柱洞相等，彼此间隔相仿，其间一般布置三、四个小柱洞，直径一般10厘米左右，显然是较晚的遗址。三中柱的构架原则与四柱、六柱相同，即以三中柱为中间支点先架三椽，顶端相交构成其余诸椽顶部支点。

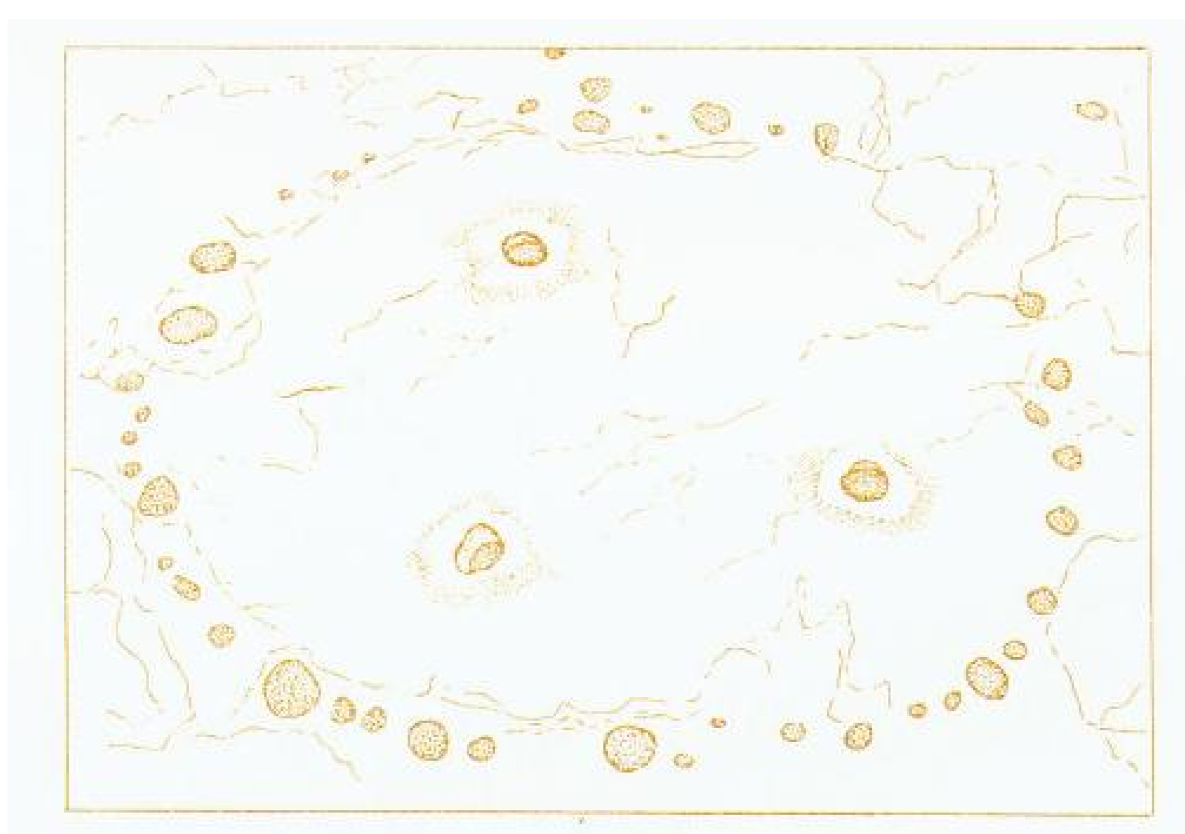


图1-3-15　半坡F 29圆屋遗址——三中心柱

3．半坡晚期

主要特点是：内部空间用木骨泥墙分隔成几个空间，即突破了原来一个体形一个空间的简单形式，而形成分室建筑。半坡的一般住房，无完整的晚期实例，现用“大房子”（F 1）作为晚期代表（图1-3-16）。但F 1体形高大，中柱等地用料也加大，并创造了垛泥墙，部分用以承受层盖荷载，这并不应视为晚期的普遍现象。半坡遗址，从上层叠压大量建筑遗迹看，特别是有砾石加固的柱基以及双联火塘，证明晚期的一般住房又有发展，应已形成河南镇平县赵湾遗址以及郑州大河村遗址一类分室建筑。

赵湾、大河村一类分室建筑为仰韶文化晚期产物，它们标志建筑发展的新阶段，出现内部空间分隔使用，就工程技术方面来说，一栋多室较诸一栋一室的建筑，节省了外围结构，从而节省了材料和相对简化了施工；由于减少外墙面积，从而提高了室内的隔热保温效果。当然，一栋多室的建筑形式首先是由实用功能所要求的，在功能上，它反映着使用成员之间关系的新变化。

例十一，大河村F 1—4 （图1-3-17）

据报告[3]，F 1、F 2墙体连续，与F 3之间断开，证明F 1、F 2是一座完整建筑。平面呈长方形，为539×664厘米；F 3为210×370厘米；F 4为87×257厘米。F 1—4复杂而较长的体形说明，脱胎于方圆竖穴的痕迹已消失。主体部分F 1、F 2内有横向隔墙，分割内部空间为三部。从建筑学来讲，显然较半坡晚期F24为先进，然而在结构学上，周围支柱无分工，仍处于半坡F39阶段，说明其墙体、屋盖在结构构造上无原则区别。估计F 1原来门向东，增建F 3后，门改设在北墙上。F 1与F 3之间、F 3与F 4之间墙体断开，显然F 3、F 4是附加的。

这一遗址保存较好，残壁最高达100厘米，复原为直壁木骨泥墙，鉴于墙体内排柱尚未分化，可知墙体不高，设想为一人左右高度。由墙体结构可以推测屋盖为同一做法，即亦未明确形成椽、檩，大约是大叉手式的长椽和横杆加以填充材料纵横扎结而成的骨架。从遗址堆积判断，屋面也是涂草筋泥的。据报告，房址西北部稍高于东南部，据观察，由于房基垫土不实，发生不均匀沉陷。F 1跨度较大，地面下沉后此部屋盖约有断裂；套间内的三个柱洞，大概就是为此增设的支柱遗迹。

F 1、F 2、F 3内部都发现有烧过的“土台”，高2—8厘米，F 1内部还有“火池”，这些应是取暖和炊事所用的篝火位置。这种“火台”、“火池”的方式，屡见于河南地区（长江流域也有发现），应属地方作法。就室内篝火来说，无论凹下的火塘还是抬高的火台，其使火源脱离居住面以避免铺垫的茅草、皮毛、席铺之类失火的处理原则都是相同的。

二　母系氏族公社中、晚期（公元前5000—3000年）建筑技术的主要成就

母系氏族时期开始流行的半穴居，据考古发掘知道，至少延续到营建水平已大有提高的商周时代，充作广大奴隶和贫民的住所，与高大的奴隶主宫室并存。这一现象，正反映了奴隶制社会的阶级矛盾。由于半穴居以及原始地面建筑在成文历史以后仍然使用，因此古文献对之尚有生动的记述。从遗址实例出发，结合有关原始建筑的文献材料，可以增加我们对原始建筑成就的了解。

穴居的发展，至半穴居阶段已形成土木混合结构，即在浅竖穴上使用了起支承作用的木柱，并在树木枝干扎结的骨架上涂泥构成屋顶结构。木结构的构件，出现了柱、长椽（斜梁）、横梁以及大叉手屋架，木构节点构造方法，主要仍为扎结；半坡遗址出土骨凿说明，晚期已发明了简易榫接。墙体出现之初为木骨泥墙，晚期已有承

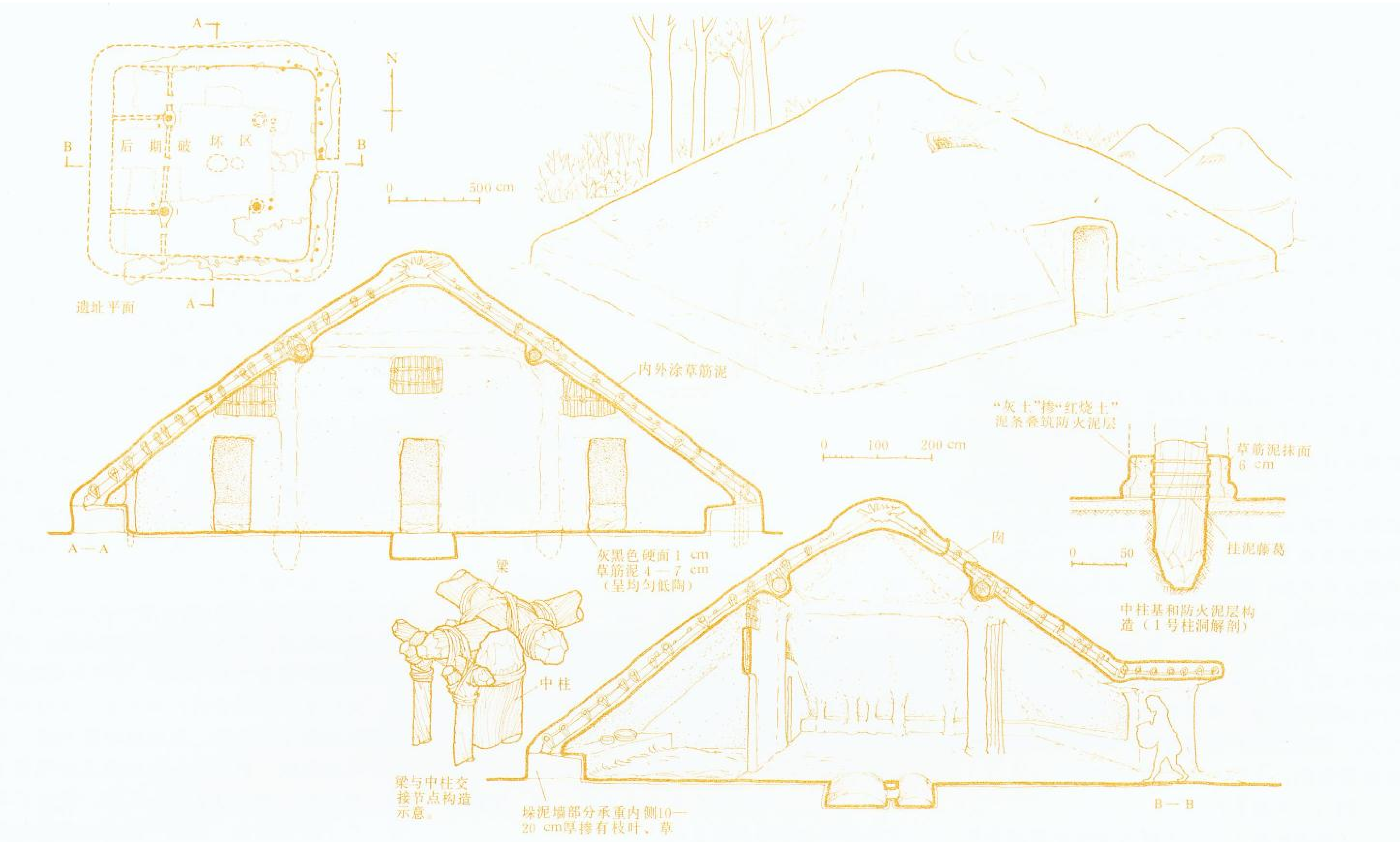


图1-3-16 （1）半坡F1 复原图



（2）半坡F1 遗址发掘情况

重垛泥墙的做法。这里，就母系氏族公社时期在工程技术方面的主要成就，分述如下：

(一)大叉手与木骨泥墙

半穴居的内部空间，下部是挖掘出来的，上部是构筑起来的。就地取土形成“四壁”，利用树木枝干和其它植物茎叶之类构成顶部结构。当时这种居住形式的名称，现已无由考察了。自有文字以来，由于这种居住形式仍在使用，当有记载。甲骨文中发现有仿佛半穴居的图形，但其音义目前尚难确定。从《诗经》知道，大约周代把这种构筑起来的顶部结构名之为“屋”，其内部空间称“中霤”。从外观上看，只见到建在地面上的“屋”，所以“屋”同时也就是这一居住形式的名称。从结构上讲，“屋”是土木混合结构。半坡一类的半穴居，可以说是土木合构的开端。

利用树木枝干作骨架，植物茎叶或敷泥土作面层，构成竖穴上部遮荫避雨、防风御寒的围护结构，这是重要的发展。在结构学上，说明人们已开始掌握木构杆件架设空间结构的技术，出现了柱和椽。半坡所见到的早期做法，以 F37 为例来看，中心栽柱，集中承受四周向心架设的各椽。椽木下端即抵于地上，故椽的受力情况为简支斜梁。各椽之间再施横向杆件（树木枝条）扎结联系，从而形成一个锥体的构架。

半坡 F37 一类构架（参见图 1-3-4），中心柱支承四周受力基本相同的长椽，大叉手屋架便是从这种长椽发展出来的。半坡 F37 遗址



图1-3-17　郑州大河村F1-4复原图

表明，中心柱脚有受潮下陷及偏载促使柱倾的迹象，因而另傍一柱并在柱脚堆泥土加固。可能由于排烟通风口约设在椽柱交接处，由于柱头节点裸露在屋面以外，雨雪时水沿柱而下，直达柱基。大孔性黄土遇水强度骤减，又因中心柱的布置，因避中央火塘，柱不居中而偏载。这样，如遇大风或因修补屋面等情况偏载加剧，则往往会引起柱倒屋塌的破损。因此，人们得出教训：必须纠正支柱的偏载，必须解决柱基防潮和加固的问题。这大约是在半坡遗址中晚期F37的大部分构架都有所改进的原因。

半坡F21复原为四中心柱(参见图1-3-5)，便反映了这种变革。先以四柱为中间支点，向屋心架设四椽交于一点，构成其它诸椽的顶部支点，如此则屋架形成端正的锥体。再施横向杆件联系各椽，以加强稳定性。这一改进，即保证了火塘处空间最高，同时也解决了偏载问题。陕西郃县下孟村方屋遗址[4]，宝鸡北首岭14号屋遗址[5]等中心对称布置四柱，其做法应与半坡F21相同。这种先于对角架设四椽的方式，已基本形成两副大叉手。大叉手在半坡早期F37门道雨蓬即已出现，只是用为屋架，又经过了一段探索。

对于上述这类屋架来说，如果跨度不大，支柱是可以省略的。半坡F13便是不用中柱的一例。但是，这种做法，因扎结节点刚度往往较差，大风雨雪或人到屋上都会使构架动摇，从而使屋面泥层龟裂而漏雨。在半坡，这类做法没有得到发展，而是在二中柱的做法中明确了大叉手的结构方式。

以半坡F41为例来看(参见图1-3-6)，二中柱对称布置，以二柱为中间支点，先于东西各架一长椽，椽顶相交构成大叉手。这样便在屋中心上方形成一个交接诸椽的顶部支点，而比原来的四柱节省了二柱。这种柱不居中，椽悬臂交于中心部位的做法，解决了火塘与中心柱的矛盾。从发展看，经过了一柱、四柱、无柱的探索，晚期方屋似乎找到了较为合适的二柱方式，屋架基本上以大叉手的结构方式为主，这一方式尔后一直为商周奴隶主宫殿所沿用。

据半坡材料，可知柱和椽是先于墙出现的。初期没有墙体，围护结构的“四壁”是削地而成。居住区周围的拦护壕堑，也是削地而成。对于土结构，开始还不掌握叠筑技术，增筑壁立的泥土结构，是后来才有的。

早在半坡遗址的早期，F37门内两侧即出现隔墙。其构造与顶盖相同，是由直径2—4厘米的木骨涂泥构成的，这是原始的木骨泥墙。在相当长的一段历史时期内，作为外围结构以及内部分隔结构的墙壁，都是采用这种作法。根据考古发掘材料，奴隶制初期的宫殿，还在使用木骨泥墙。母系氏族社会晚期，长江流域湖北宜都红花套遗址所见的竹笆抹泥墙，就是类似木骨泥墙的另一方式。直到封建社会晚期，民间简易房屋仍然采用竹笆或荆笆抹泥墙作为填充墙。

考察原始的承重木骨泥墙的形成，半坡穹庐式屋提供了启示。穹庐式屋可视为建筑由半地下转到地上的过渡形式。它进一步发展即产生了飞跃——屋结构的分化。半穴居屋变为地面上的穹庐式屋，说明屋结构向高大发展已达到可以不依赖竖穴而独立构成足够空间的程度。在穹庐式屋的纵剖面上，以其曲线扩大了内部空间，已显示出独立构成居住空间的能力。当曲线变为折线，也就是说，外围结构分化为直立的墙体与倾斜的屋顶两部分，这为建筑的发展开辟了新的途径。黄河流域的原始建筑发展至此，在外围结构上出现了构筑起来的承重直立部件——就建筑形式而言，出现了墙壁，然而从结构学的观点，实际上仍是集中荷载的柱承重的框架体系。这种墙体是从屋分化出来的，其构造仍因袭屋的构造方法。木骨泥墙的典型做法，可以仰韶文化晚期的郑州大河村遗址F1—4为例。这一遗址的墙体保存最高处达100厘米，其材料和构造情况很清楚。墙内立柱直径一般8—12厘米，间距一般8—22厘米。柱间用苇束填充，固定苇束的横向杆件为直径4—6厘米的枝干或苇束，一般设在外侧，上下间距为10厘米左右。立柱、苇束、横杆之间，用藤葛或绳索扎结。内外涂草筋泥共厚约30厘米，表面抹1.5—3.5厘米的细砂泥面层。

木骨泥墙的出现，可谓建筑由地下到地上的关键。直立的墙体，倾斜的屋盖，奠定了后世建筑的基本体形。这一转变，具有重大的意义。这种在墙体上架屋的体形，要比原来建在地面上的屋高大许多，在成文历史初期犹觉突出，故当时称之为“宫”，“宫”的内部空间名之为“室”[1)]。“宫”指体形，“室”指空间；“宫”与“室”是同一事物的两个侧面；所以《尔雅》解释说：“宫谓之室，室谓之宫”。

墙体出现之初，它与屋盖区分并不明确。从

1) 《释名》:“室，实也，人物实满其中也”。

半坡初期原始地面建筑F39来看，墙体甚矮，仅相当于晚期半穴居穴壁的高度。而且构造与屋盖全同，即木骨架支柱平均担负上部荷载，可知不出檐。在半坡遗址中，发展至圆形F3，屋檐改用板材，较为合理地承受屋面荷载，方始明确屋盖与墙体的不同分工，因之有屋檐的出现。进一步发展，墙体骨架又分化为较粗的主要承重支柱与较细的填充结构的骨架。此时，作为木骨泥墙，在结构、构造上方始完备。

(二)栽柱暗础

关于柱基的做法，早期掘坑栽柱，原土回填，无特殊处理，因此发掘时只见木柱的自然腐朽或焚化后所遗留的“柱洞”。半坡较晚的方形建筑，柱基多有所改进，柱坑回填土采取质地细密的浅色泥土，即发掘所见的“细泥圈”。其做法黄土中似掺有石灰质材料，这种处理，对于柱脚防潮和加固颇有改善，例如半坡F38的中心柱洞（图1-3-18）；还有在柱坑回填土中掺加骨料的，例如半坡F37遗址上层所发现的两个晚期柱洞，柱坑回填或色土并掺有“红烧土”渣、碎骨片、加砂粗陶片等。其它遗址还发现柱坑用草筋泥回填，也掺有“红烧土块”或陶片之类。这种加入颗粒骨料的做法，可增强柱脚的稳固性，对于扎结节点的原始木构来说，这是很必要的。半坡F21a第3号柱洞（图1-3-19），底部垫有10厘米粘土层，柱脚侧部斜置两块扁砾石加固，周围回填土上部35厘米一段，分六层夯实，解剖观察夯层上隐约可见夯筑痕迹。分层夯筑的做法，较一次回填压实，可以提高柱基的密实程度。以后，基底也作加固处理：一般垫一层黑褐色粘土夯实；粘土中有的加垫陶片或完整的陶器底部或石片；长江下游良渚文化的遗址中，见到柱脚下垫木板、木块的做法。这些都是暗础的萌芽形态。洛阳王湾F15的木骨泥墙为平铺的砾石基础，下垫“红烧土块”。特别值得注意的是庙底沟301号（图1-3-20）、302号基址的中心柱已设置扁砾石柱础，这是迄今所知最早的一个暗础实例，柱基下垫石块，反映了因支柱下沉而力图使基底坚硬的想法，实际上，这在客观上符合了加大承压面，减小压力的科学道理。

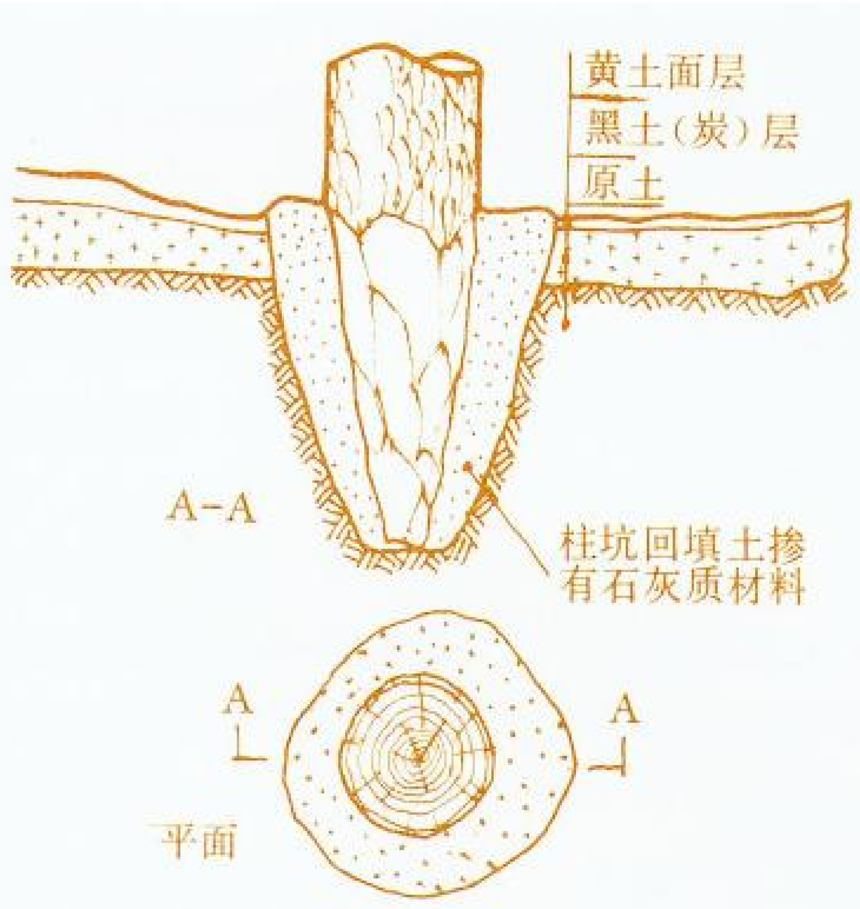


图1-3-18　半坡遗址F38中心柱洞

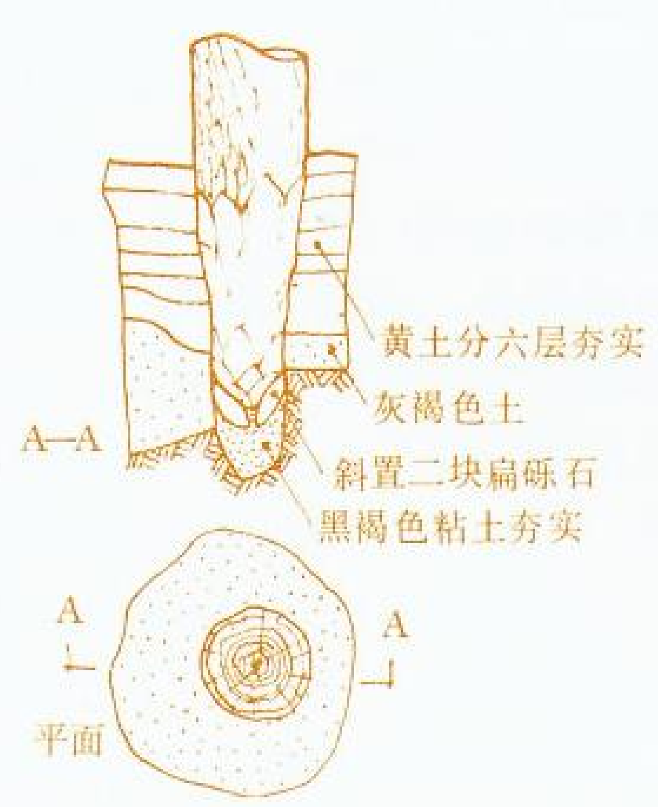


图1-3-19　半坡遗址F21a第3号柱洞

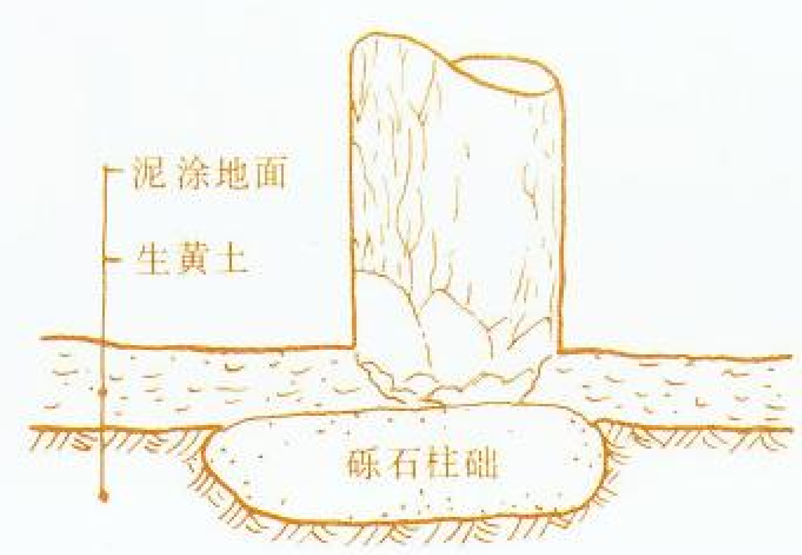


图1-3-20　河南陕县庙底沟301号遗址柱洞

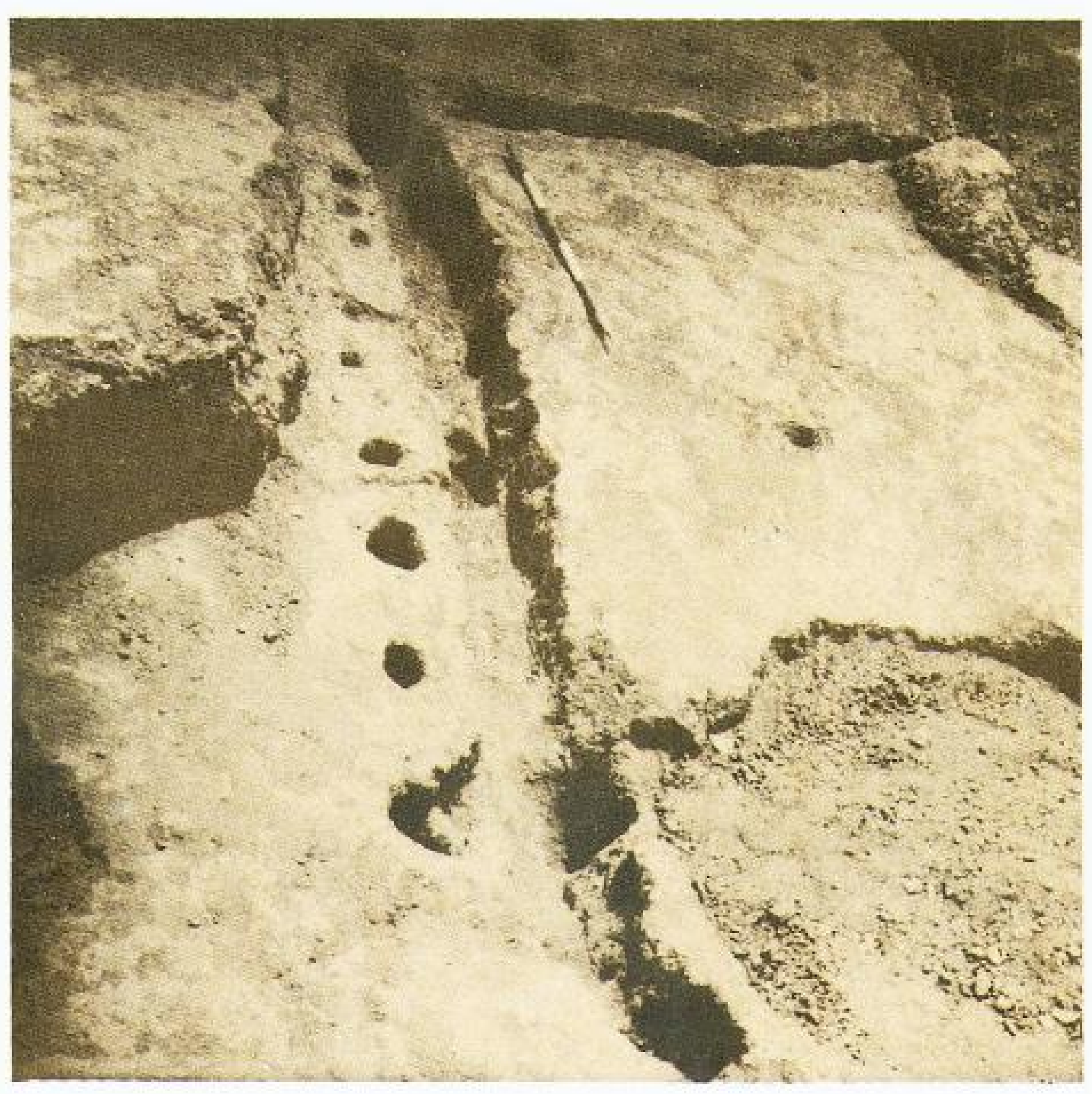


图1-3-21　洛阳王湾F11遗址

(三)擎檐柱

半坡遗址反映，晚期建筑已有屋檐，武功出土的当时陶制圆屋模型即是证明。仰韶文化晚期建筑，居住面多是接近室外地坪，则木骨泥墙当在一人左右高度。这样，出檐较小就不能保护墙身免受雨水冲刷，更不可能防止墙基受潮。因此仰韶文化晚期随着房屋高度的增长，出檐也逐步加大。仅凭屋椽悬挑出檐有限，过大则屋椽易被压折。出檐问题上所存在的矛盾，促使了承檐结构的发展。仰韶文化晚期，创造了檐下立擎檐柱支承的做法。洛阳王湾遗址F11，是目前所知最早使用擎檐柱的实例[6]。

洛阳王湾F11（图1-3-21），在墙基外围环列大小不一的柱洞。柱洞与墙基净距30—50厘米左右，柱洞直径一般5—10厘米，间距大小不等。这些泥墙外围栽立的擎檐柱遗迹，反映它还处于原始的阶段。

此外，湖北宜都红花套遗址也发现擎檐柱迹。这一带因地制宜来采用地方材料，擎檐柱多用毛竹，其泥墙也是以竹来做骨架的。

落地支承的擎檐柱是承檐结构的原始形态，在它转变为斜撑之前，一直是承檐结构的唯一方式。考古学材料证明，至殷代晚期的大奴隶主宫殿仍然使用擎檐柱。当然，它无论在材料上还是柱位的布置上，都有了很大改进和提高。

(四)土结构的防潮与木结构的防火

半穴居的下部空间是挖掘自然土地构成，穴底和四壁都保持着黄土的自然结构，由于毛细现象，土壤水分不断上升，尤其阴雨时，这种竖穴是相当潮湿的。长久居住，轻则致病，重则残废或死亡。所以《墨子》有“下湿润伤民”的追述。生活经验迫使人们开始探求防潮的办法。从仰韶文化早期半穴居遗址来看，有的在穴底、穴壁涂细泥面层，略可隔断毛细现象；推测卧寝处主要还是依靠铺垫较厚的茅草、皮毛之类以防潮。半坡所见，则大部分改进为墐涂，涂层穴底比穴壁稍厚，一般为1—4厘米，厚者约5—10厘米。墐涂较细泥的防潮效果有所提高，再加以茅草、粟穰之类以及其它编织物的垫层(从陶器印痕知道，此时已有芦席)，略可满足要求。仰韶文化的建筑遗址已多有烧烤的痕迹，穴底形成一个青灰色、白灰色或赭红色的低度陶质的面层，应是一种防潮处理。据观察，烧烤均匀，不是火灾所致。毁于火的郑州大河村遗址主体部分的南墙内侧，在经过烧烤的墙面上有10厘米厚的加厚部分的残迹却未经烧过，便是一个明证。一般遗址无火灾迹象，而穴面呈均匀的烧烤硬面，更能说明问题。从半坡F6来看，屋内西部略高起的居住面，表面坚硬，厚17厘米，薄处约10厘米，为多层(层厚一般0.8厘米)表面平滑的“红烧土”重叠而成，最多处达9层，可以说是烧烤防潮处理的确凿证据。烧烤居住面不但是一种防潮措施，同时是一种取暖措施。迟至唐代，民间仍有席地而卧，至严冬即“炙地”而眠(这孕育着火炕的发明)。半坡F6高起的居住面经过反复烧烤，可能也与“炙地”取暖有关。墐涂陶化的防潮处理，考古发掘中普遍有所发现，足证在原始社会晚期，它已成为广泛采用的技术。由此看来，《诗·大雅·緜》：“陶复陶穴”的诗句，有可能就是指的这种做法。

居住面的防潮，后期建筑有利用前期旧址遗留的烧烤残墐作为垫层的。如半坡F21基址上后建的房屋，即以“红烧土”残渣垫底，上面平铺厚约30厘米的不规则“红烧土”块。半坡中期，出现用木材之类作为防潮层的做法。如F3，以直径1厘米左右的芦苇（？）作为防潮层，上敷8厘米的草筋泥面层；建于早期遗址堆积上的F24，采用宽约15厘米的木板铺满居住面，再铺草筋泥作为防火面层并烧烤成红色硬面。

仰韶文化晚期，豫西地区已出现“白灰面”的做法。安阳鲍家堂村H22的居住面，在黄土底层上垫有一层黑色植物灰烬”,上面抹有白色光滑坚硬的石灰质面层。黑色“灰层”上敷“白灰面”，证明这一“灰层”为有意处理的，或为炭质防潮层。“白灰面”为白色含石灰质面层，一般厚为0.1—0.3厘米，不仅坚固、卫生、美观，而且也有一定的防潮作用。这一做法在龙山文化时期得到推广，商周时期称之为“垩”，为奴隶主阶级的建筑所广泛采用。

泥土陶化可以防水，这一制陶经验用于建筑是很自然的。较干的、保持土壤自然结构的穴面直接烧烤，质地松散容易剥落，因此陶穴必先墐涂，一如半坡窑面的作法。墐涂后烧烤，则形成坚固的陶低质面层。也有个别涂层不加草筋的，如半坡原始编号Y7址，用纯细泥面层，烧烤成鲜红色陶穴不仅具有较好的防潮效果，而且提高了强度，可以防虫、防鼠，更为适用。

半坡中期，屋面墐涂也有烧烤现象(如F3、F34、F27，屋面呈低度陶质；F22以及原始记录Y7等也都有烧烤的硬面)。此类屋面墐涂厚度不一，相差悬殊，厚的可达20厘米左右，一般约4—14厘米。陶化深度，一般不达到木痕部分，即屋面烧成低陶而内部温度不致引起木构炭化。例如F3西边红烧土残壁内的10个柱洞中，皆保存有朽木灰，说明烧烤火候合适，也可不涉及木构。间或椽木表面稍有炭化，也并无损木构件的有效截面，屋面和墙面的烧烤，应是待墐涂干燥后，在面上铺架柴草点燃。火势的大小与柴草数量有关，类似烧窑。陶质屋面近乎后世敷瓦，大可提高屋面的防水性能和坚固程度。它预示了后来屋面铺瓦的必然出现。

木结构的严重问题在于防火。半穴居以及后来地面上的建筑，内部都设有火塘。早期火塘几乎与地面平，形同篝火，关中地区稍后有浅坑火塘，进而出现略深的瓢形火塘（并有双联式的以及附有火种罐的火塘）。豫西地区，如庙底沟、王湾遗址有深坑式的火塘；大河村、赵湾等遗址则为火台及带坎墙式灶陉的“火池”。处于这些发展阶段的灶火，始终存在着火灾的威胁。洛阳王湾遗址有未见灶火遗址的住房（F15)，但出土有移动式的陶灶，仿佛后世的火炉。同样的陶炉也发现于庙底沟遗址及余姚河姆渡遗址，这是一项值得注意的发明，它虽无烟道设备，但灶膛拦护较好，比较安全，而且可以任意改变位置，便于夏季移至室外烧煮食物。然而就整个仰韶文化的居住建筑来说，却一直没有彻底解决火源的防护问题。

母系氏族公社时期的一般住房，内部空间狭隘，中央火塘燃烧，灼热及火星飞扬，地面卧寝处铺垫有茅草、席铺之类，很容易失火；如果内部木构裸露，也极易酿成火灾。这一时期的遗址多有焚毁的迹象，可知失火的事经常发生。屡次失火的教训，促使了防火技术的探求。半坡遗址，中心柱为防止火塘的灼烤，已有涂泥防火的做法，F41及F1柱洞周围尚残存泥圈即为明证（图1-3-22)。在采用枝条、芦苇以及木板铺垫的防潮居住面上，都抹有草筋泥面层，同样也是出于防火的要求。

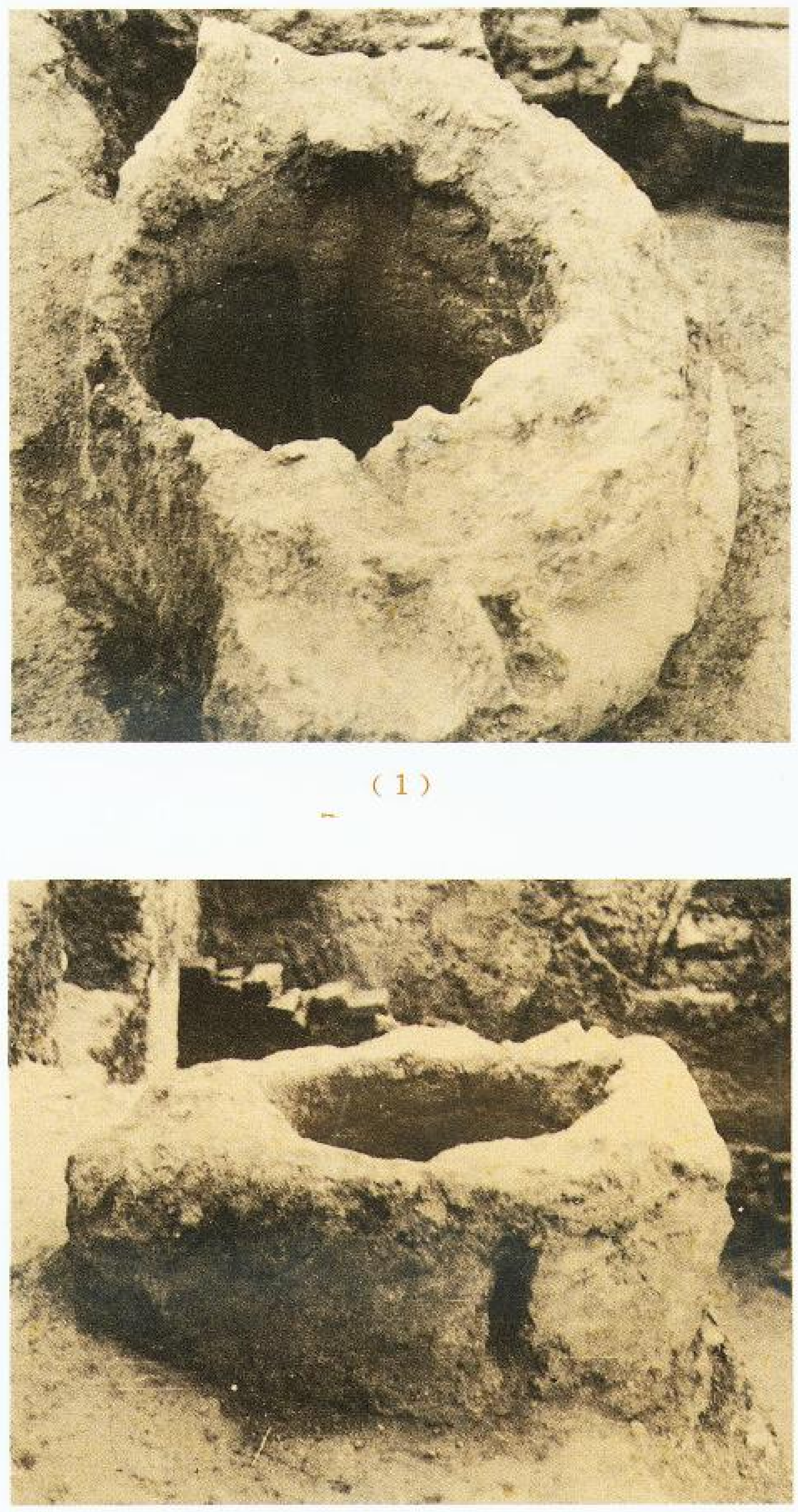


图1-3-22　半坡F1柱洞遗址
（1）1号柱洞外围“泥圈”
（2）2号柱洞外围“泥圈”

半坡遗址保存的屋盖残迹，有些可以看出是木构两侧涂草筋泥（F41、F22等)（图1-3-23)。文献记载，商周时期住房内部椽木表面是涂有草筋泥的。这种做法，古文叫做“墍”。后世民居随着灶火的改进（出现灶陉，发展成锅台并设有烟道)，便无墍涂的必要了。半坡遗址所见的墐、墍是相当厚的，有的共达50余厘米，屋面荷载过大是造成房屋倒塌的一个原因。因此，屋面进一步发展,否定原始茅茨的墐涂又被否定了，而曾被废弃的初期用草茎、树叶等披盖的屋面做法，又得到重新采用并予以改进提高。至原始社会晚期，新的茅茨屋盖逐渐流行起来。

(五)排烟通风口——囱

原始住房内部的火塘无烟道，形同篝火，尤其在燃烧不充分的情况下，屋内烟熏无法容身。

古文献关于穴居、半穴居有顶部开口的记载[1]，民族学材料也提供了屋上有排烟通风口的例证。半坡稍晚的建筑遗址，如F2、F3、F22、F26、F27、F34等中部塌落的草筋泥防水凸棱，可以证明顶部设有排烟通风口。据此可以推测，半坡早期如F37一类的顶尖上已有排烟措施，可能略如美洲内华达山区印第安人住房的情况，后来进而改设在屋盖前坡或山尖上。

屋盖上的通风口，古文称“囱”。由“囱”的图形可知。商周时期屋上的通风口，基本上还保持半坡的形式。囱与门形成对流，排烟效果良好。其做法是在屋面敷泥层时留空即成，可任意调整大小，开口或填塞十分简便，如遇大雨雪时或作临时遮掩。这样，对于锥体或四坡屋盖的原始住房来说，它已基本满足排烟通风的要求。囱的防水问题的根本解决，取决于屋架的发展。两坡屋架的形成，使排烟口有条件设于山面上，此时，它成为“窗”的原始形态，即古文所谓“牖”。

(六)方位的选择

以半坡为例，这一时期的居住建筑呈西南向开门的规律性，显然是考虑日照所致。建筑方位虽与聚落布局有关,但在保证总体关系的前提下，选定方位仍以日照为准。例如半坡已发掘的位于广场北部的40余座建筑遗址，本应向南，然而大部分出入口却偏向西南。半坡建筑有门无窗，出入口兼作日照采光口之用。按，关中地区须避冬季东北风，门以西南向为宜；且与日照深入室内的要求恰相一致。成文历史初期，明确记载一日之中日照最强的方位在“昃”——西南方，故房屋取西南向以适应冬季日照的要求。半坡遗址反映，当时人们基于生活和建筑实践，得出门向西南，对于无窗的住房，特别是门内两侧有隔墙的建筑来说，是日照最好方位的经验。按半坡所在的西安地区，夏季（以夏至日为准）下午2时（日照最强，即“昃”的方位）太阳的高度角约60°10′，方位角约70°；冬季（以冬至日为准）下午2时，高度角约38°，方位角约35°，以晚期圆屋为例来看，如（图1-3-24）所示，建筑方位偏向西南，且门内两侧设隔墙，正迎冬季最强日照而避夏季最强日照。可知穴口的提高也是出于日照的要求；穴口既是门又是窗，它兼备交通、采光、日照、通风等功能。原始居民不知经历了几多世代的反复探索，通过生活经验和实践，得出朝向西南和提高入口的合理结论。

(七)原始的装饰技术

半坡类型的建筑是以木构为骨架，内外涂泥覆面而成的。黄泥，是一种天然可塑性材料，这对于已经掌握制陶技术的半坡人来说,已是常识；用为建筑材料，加入草筋以抗拉，则又有进一步认识。墐、墍的使用反映了当时的制陶技术对建筑的影响。他们在彩陶艺术上所表现的审美能力和创作水平，使我们深信在这些用粘土塑造的建筑上，也是会有某种装饰处理的。

1）《礼记·月令》疏：古者“复穴皆开其上取明”。

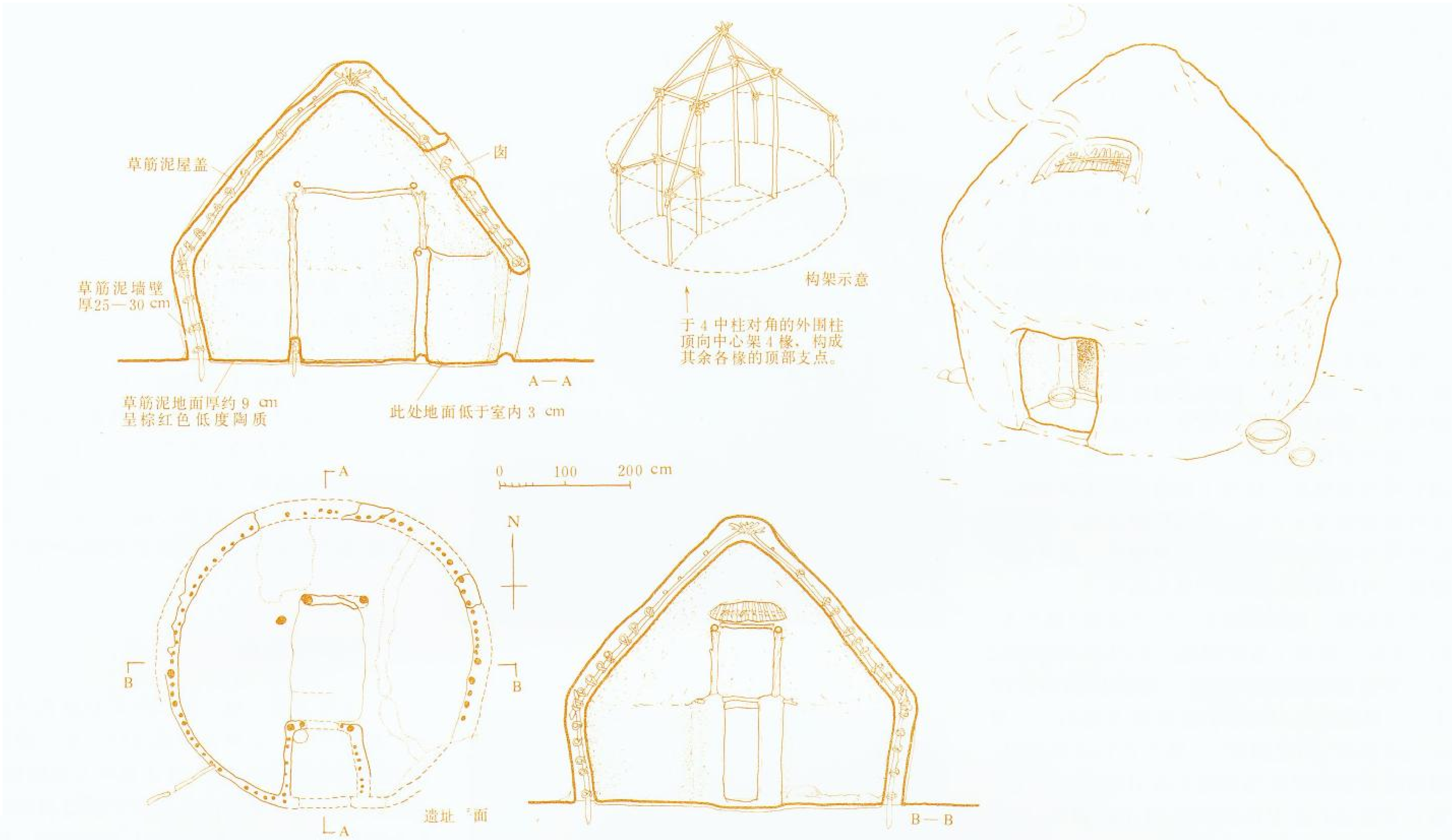


图1-3-23　半坡F 22复原图

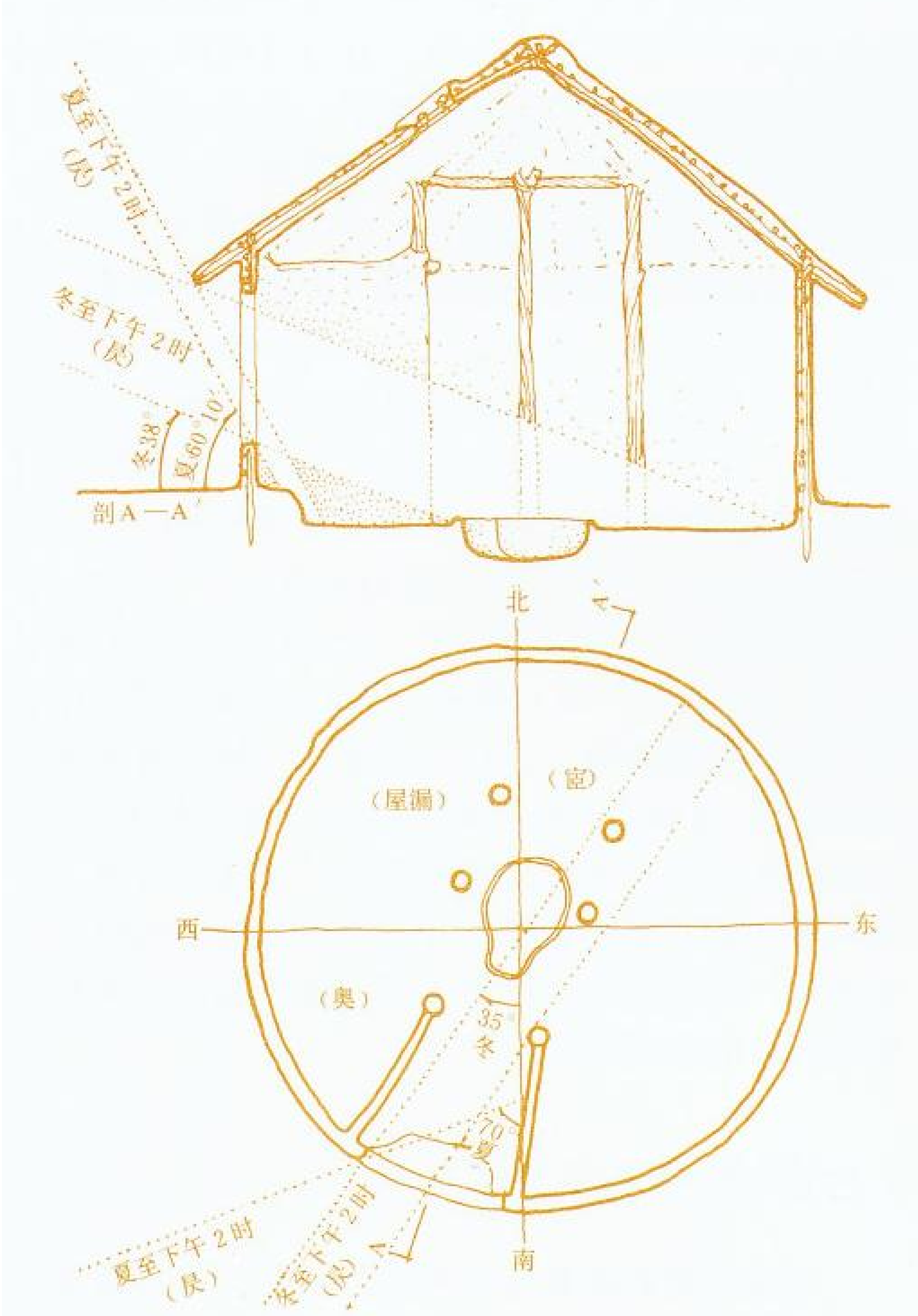


图1-3-24　半坡圆屋的日照分析图

塑形装饰的做法，从半坡遗址来看，一如陶器的制作，是采用光滑与粗糙的质感对比手法。一般外部墐涂较粗糙，残块曾见手指涂抹的痕迹，但也有较为平滑的。稍晚的遗址，发现多种装饰塑痕（图1－3－25）。其中有凸起圆润的皱褶饰面，因发掘记录不详，未知其装饰部位。在囱缘残段上，有疏密、形状不同的几种坑点塑痕，与陶器表面处理相同。西安附近姜寨遗址，也发现更为复杂的几何图案浮雕装饰，推测其装饰部位，有的可能在门口。又有装饰部位不详的手塑图案浮雕残迹。这一类重点处理、手法简单、效果显著，是六千年前劳动先民的杰出创造。

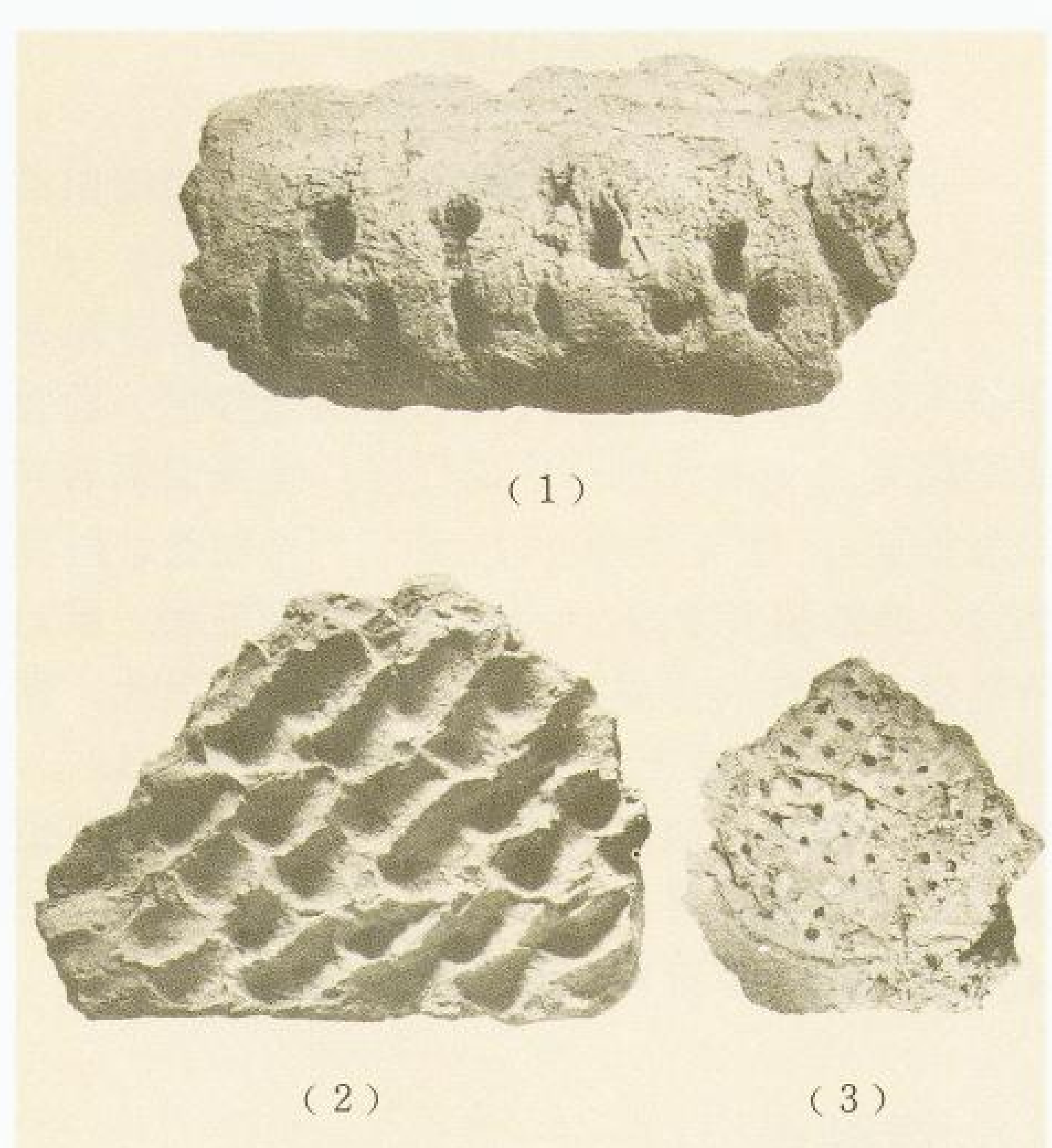


图1-3-25　半坡建筑塑痕装饰

（1）囱缘上的坑点装饰；（2）墙面上的塑痕装饰；（3）泥塑残片

有一个值得注意的问题：半坡遗址发掘报告——《西安半坡》，发表一个列入建筑残件的“浮雕”或“泥塑”残块，似为动物形象。可以证明仰韶文化建筑装饰已有发展。

第四节　母系氏族公社中晚期的建筑经营

目前所掌握的用于生活起居的建筑，从功能性质上可分为两类：一类是构成聚落的基本单位——圆形或方形的小型建筑；另一类是座落于聚落中部的“大房子”。

一　公社一般住房——前期对偶住所及后期“家族”住所

仰韶文化是母系氏族社会，半坡一类建筑遗址都设有火塘，应属居住性质。这些住房一般空间狭窄，从生活遗迹来看，基本上是一个“对偶家庭”的住所。其特点为：

（1）早期从防水出发所设的门道雨蓬，使内部空间较为隐蔽和安全。门前这一缓冲空间，反映了建筑空间组织的发展。半坡F13在门前小空间内遗存破陶罐一件，F2等遗址该处也发现压碎的陶瓮之类，证明此时已具备暂存杂物之类的实用功能。门前这个独立空间可认作是“堂”的雏形。它往横向发展即形成后世的“明间”，隔墙左右形成两“次间”，于是成为“一明两暗”的形式。这一空间往纵向发展，则分隔室内为前后两部，

于是形成“前堂后室”的格局。由此看来，“一明两暗”和“前堂后室”是同源的。

(2)圆形建筑门内两侧隔墙的背后，造成两个隐奥空间，类似现代居住建筑的所谓“内室”。为争取隐奥空间，两隔墙不作平行布置，这就是门前空间平面呈梯形的道理。对于居住要求来说，在没有出现隔墙的卧室之前，隔墙背后的隐奥实际上初步地具备了卧室的功能。居住建筑内部隐奥空间的出现，标志原始建筑空间组织的开端，在建筑史上具有重要的意义。

(3)居住面上，东南部多发现炊具杂物，如F6、F11、F13、F19等都在此处发现陶器，F38在此稍偏北边并有粮食窖藏，可知这一位置习惯作为食物、炊具等存放之用。

东北隅常见压碎的陶器(F3、F6、F24、F37、F39、F41等都发现)。东北隅面向入口，迎光明亮，可能是做炊事、进饮食的地方。火塘北部常设坎墙(F6、F22等)，当是烧煮食物时防止火焰灼烤的拦护设施。这里与上述杂物存放处邻近，似与方便于炊事操作有关。

西南区未发现贮藏遗迹，而稍晚的遗址西南部居住面略高起。如F41约高出10厘米左右，F6高出10—17厘米，F2高出15厘米。高起部分的表面处理坚硬光洁，似为炕的雏形。据此，则西南区习惯上应是对偶卧寝所在。

(4)仰韶文化晚期的郑州大河村遗址一类分室建筑以及河南淅川下王岗一类多室长屋，反映了居住人口结构关系有重大变化；一栋多室，说明各室居住者之间有密切关系。大河村、赵湾一类遗址的平面布置都是一大室一小室，大室又划分出套间或设独立出入口的房间。淅川下王岗已发掘的长屋遗址长达100多米，由32个单元组合而成。从民族学材料来看，这是母系氏族晚期蜕变阶段出现的一种居住形式。这些住宅形式，如同半坡遗址反映着早期“对偶家庭”一样，它们也必定反映着另一种典型的家庭组织情况，它们或许是仍属公社组织的一个包括老少成员的直系血缘关系家族(或称“小氏族”)的住所。大河村一类和淅川下王岗长屋一类住房在建筑史上标志空间组织的新阶段，是相当重要的材料，它们也生动地反映了社会关系的变革。

二 “大房子”——最早出现的公共建筑

考古发掘报告所谓的“大房子”，是指在聚落中占重要位置，通常是作为一般对偶住房组群中心的体量最大的建筑。这类遗址在西安半坡、西安姜寨、洛阳王湾、华县泉护村、西乡李家村都有发现。王湾“大房子”遗址东西20米，南北10米，是目前所知最大的原始建筑。由于破坏较甚，已无法复原。泉护村的“大房子”遗址北部残缺，从南部所存情况看，东西长达15米，入口在南部中间，室内地面低下，门外有坡向室内的沟状门道。迎门有双联火塘，南方北圆二坑，中间有火道相连。由于遗址残缺过多，难以考察原状。李家村遗址仅存三个直径45—60厘米的大柱洞，建筑形制一无所知；半坡遗址虽有破坏，但尚可复原；姜寨遗址较为完整。

半坡“大房子”——F1(参见图1-3-17)，是这一聚落的晚期建筑，现存平面南北长约1080厘米，东西残长1050厘米。出入口在东部中间，宽约100厘米。室内外大致等高，周围墙壁部分保存完整，墙高距室内地面50厘米左右，墙厚90—130厘米。墙内有若干不整齐的柱洞，转角处较密集，柱径7—25厘米不等，一般约15—20厘米，深30—70厘米，这些都是加强矮墙承受屋盖荷载的支柱遗迹。遗址内西部有两只完整的大柱洞，外附残破的经过烧烤的“泥圈”。二柱洞从“泥圈”外皮计算，南北净距450厘米。南柱洞直径45厘米，深70厘米；北柱洞直径47厘米，深50厘米。另于南柱东部大约等距处，残存一个已遭破坏的大柱洞，从底部炭化痕迹看，直径40厘米。复原应为对称布置的四个中心柱。这座建筑平面东西略长，近似方形，约为1080×1150厘米。弧形转角。柱洞外围有“泥圈”，实为柱身防火涂层的残迹。“泥圈”南北较长，侧端呈残断面并有横向构件遗痕，从发掘记录看来，西向也有小洞及明显的断痕。此外，沿中柱轴线一带并发现若干属于此建筑的小柱洞以及“两面光”的“烧土”残块。由此可知，这座建筑原系沿柱南北及东西皆有墙壁分隔。

推测F1进门是一大空间，后部划分三个小空间，已有“前堂后室”的雏形。前部大空间可能是聚会或举行仪式的场所。空间的分隔，是出于实用功能的需要。按仰韶文化时期，建筑的主要任务是解决居住问题，而遗址表明，贮藏等服务性设施此时只是利用简易的竖穴。因此，可以肯定，F1后部三个小空间仍为生活使用，应是卧室的性质。母系氏族公社聚落中心的“大房子”，是社会上最受尊重的“外祖母”或另外的氏族首领的住所，同时也是社会被抚养人口，诸如老年、少年、儿童以及病残成员的集体住所。这些人集中居住，便于社会照顾。这大约就是恩格斯所说：“不会有贫穷困苦的人，因为共产制的家庭经济和氏族都知道它们对于老年人，病人和战争残废者的义务”(《家庭、私有制和国家的起源》)在建筑上的体现。拉法格记述：“野蛮人的已婚妇女都有自己的特别房间，设在中央走廊里，男人和青年人、未婚的妇女和少年都睡在隔开的公共大厅之内[7]。”我国纳西族住宅也提供了类似的例证[8]。从建筑学的角度，我们可以说“大房子”兼备着居住和公共的性质。

F1前部厅堂、后部卧室的布局，是目前所知最早的一个“前堂后室”的实例。“大房子”的出现，使原始聚落的建筑群形成了一个核心，它反映着团结向心的氏族公社的原则。当原始公社解体，奴隶制确立之初，原始社会所留下的建筑遗产中，最高水平的“大房子”必然被奴隶主所霸占，使之发生质的转变，从而出现历史上第一座统治阶级的宫殿。《考工记》记载“夏后氏世室”寓于一栋建筑之中的“前朝后寝”的布局，脱胎于原始社会的“大房子”，这由因袭夏代的商代初期奴隶主宫室遗址，似乎已得到初步的证明。

半坡F1不仅在空间组织上开辟了一个新阶段，在工程技术方面也显示出一个提高了的水平。从其直径47厘米的大型支柱遗迹以及宽广的平面基址来看，显然是全聚落最高大的建筑物。如果说前述一般氏族成员的住房是互助协作建造起来的，则这种大型建筑的施工，必是动员了整个社会的力量。大型木柱反映了半坡晚期在木材采伐、运输、成材加工，以及结构架立等技术方面，已具备较大的能力。值得注意的是，此时已创造出不用骨架的承重垛泥墙。周围厚约100厘米左右的墙体，80厘米左右为泥土堆筑而成，其中掺有“红烧土”碎块(晚期大河村遗址木骨泥墙的墐涂中也掺有“红烧土”块)。墙内壁面涂抹厚约10—20厘米的掺杂树叶、枝条之类的草筋泥，经火烧烤得很坚固，表面平滑而呈青灰、白灰色。墙为平地筑起，无基础。墙内支柱为支承屋椽之用，不是墙体的骨架。屋椽下端即抵于墙上，因屋椽容易走动，所以墙内侧每有补设的支柱以加固(这些支柱也涂有防火泥层)。转角应力集中处，在墙体内原设有木柱以固定屋椽。从印有椽痕的大量“红烧土块”(甚坚硬，涂内含草筋很多，并掺有树叶、枝条等)来看，这座建筑仍为墐涂屋面，由保存较好的东墙北段有破损的水平裂痕可知，荷载是很大的。

从南壁一带保存的地面来看，其做法是草筋泥烧烤成红色低陶层，上面有极薄的(约0.15厘米)黑色炭质面层。北墙附壁支柱附近地面上发现白色植物灰烬，东北角及南部也都有发现，似为取暖的柴草燃料的篝火遗迹，北墙顶面上发现黑色灰烬两堆，可能是木柴篝火遗迹，据此可知屋椽内部均有墐涂，否则椽下篝火必引起火灾。各室可能都有火塘设置，作为取暖，防潮之用。根据北首岭和姜寨“大房子”遗址来看，半坡F1前部大空间中，或也设有烧煮食物的中心火塘。

门内北侧发现凸曲面黑色烧土残块，面上有坑点装饰，似为囱缘或入口边框残段。结合这座建筑所处的重要地位判断，它很可能有更多的装饰。

第五节 母系氏族公社的聚落规划

一 聚落选址

解放以来，由在黄河流域进行的普遍调查得知，原始聚落的分布相当稠密。其选址大体上接近现有自然村。仰韶文化遗址的分布，可以确定以关中、晋南、豫西一带为中心，西至渭河上游，个别遗址达到洮河流域，东至河南，南及汉水中上游，北达河套地区，已发现的遗址达一千余处。遗址多位于沿河两岸的台地上，许多是在河流的汇合口一带。这样的位置既便于生活用水以及制陶和农耕生产用水，又便于渔猎和采集经济的发展。同时，河流的汇合口联系着河谷之间的交通。选址于这一带，也利于聚落之间的往来。大约六千年前的半坡聚落的选址，具有一定的典型性。

半坡遗址位于黄河支流渭河流域关中盆地中

部，居渭河南侧支流——浐河东岸，距今河床约800米的二级台地上，高出现在河床9米左右。根据水土流失的情况看，此地当时应是近河的一级台地。遗址近浐、灞两河的汇合处，由遗址发现大量水鹿、竹鹿骨骼推测，大约六千年前的水量较现在为大；此地当年或多沼泽。黄土原地土壤肥沃，加以当时更为温暖而湿润的气候和丰富的水源，这便构成了农业定居的理想环境。

二 分　区

目前已发表的仰韶文化聚落遗址，以半坡为最大。半坡聚落仅西北部残缺，现存面积约50,000平方米。宝鸡北首岭聚落，面积约25,000平方米。洛阳王湾约8000平方米。1972年以来，在陕西临潼姜寨又发现了保存较好的仰韶文化聚落遗址，总面积不详。这些遗址现在还都没有全面发掘，半坡已发掘3500平方米，姜寨已发掘1230平方米。尽管聚落遗址尚未全部揭露，但根据钻探材料可知这一时期的聚落都包括居住区、陶窑区和墓葬区三个部分。

这里，仍以半坡为例。半坡聚落遗址东西最宽处近200米，南北最长约300余米。经勘探，居住区约占30,000平方米，北部约五分之一的面积已经发掘。从发掘部分来看，居住区周围设有宽深各约5—6米的壕堑围护，堑北为公墓区，堑东为陶窑生产区。

居住、墓葬、生产用地的区分，反映出规划源于生活实践。根据社会生产的分工，为便利制陶作业，将陶窑集中一区，另一方面，将死者埋葬到居住区以外，这样把居民点用地根据功能加以区分使用，就产生了规划思想。

集中的公共墓地是原始氏族社会秩序的一个表现，在意识形态上，它反映了原始居民按照生前聚居的情况集中一区掩埋。实际上，与居住区隔离的墓葬区的划分，客观上是符合卫生条件，是重大的进步。婴幼儿童死后以陶器为“瓦棺”，埋葬在住房附近。因其未成年，尚非公社成员，故不得入公墓；郭沫若同志释为母性使然，不忍将夭折的幼婴葬入远离母亲的墓地。

农业已成为当时的主要生产门类，农耕地大约即在居住区附近接近水源的地方。

三 居住区的向心环形布局

姜寨遗址的居住区已经发掘。一般对偶住房共分成五个集团，每个集团都以一栋“大房子”为核心，总体呈周边集团式的布局，中间为广场，半坡聚落的居住区北部已经揭露，结合钻探材料来看，总体也是环绕中间广场布置成环形，可能东部有开口，与陶窑区相联系。已发现的“大房子”位于广场西侧，面向东部广场开门。已发掘的北部40余座住房，入口基本南向。

半坡遗址按层位关系判断，北部所发现的40余栋建筑中，大约有27栋为同时存在。看来似乎建筑面积不大，实际上，住房之间布置有许多贮藏用窖穴。窖穴口可能采用枝条茅草之类扎结的活动顶盖或陶制盖板（陕西曾出土有圆型陶板，可能为窖穴的盖板）。体形低矮，所占环境空间很小，虽对通风、日照无影响，但却占据了一定的基地面积，这便使得聚落的居住建筑密度减小了。住房的间距，从室外地面相连，可证明为同时存在的F6、F10、F11来看为3—4.5米，一般略大于这个距离。

四 壕堑——最早的防御性设施之一

姜寨与半坡遗址都在居住区周围发现壕堑。姜寨已发掘了两段，一段发掘长度为41米，横剖面口宽1.60米，底宽0.72米，深1.44米，位于居民区与公墓区之间；另一段发掘长度为14米，口宽1.24米，底宽0.68米，深1.02米，总体关系还不清楚。半坡已知在居住区周围环境有宽深各约5—6米的壕堑；居住区北部中间一带还发现稍小的壕堑，口宽1.70米左右，深1.90米左右，划分这一区为南北二段，形成两个居住组群，堑留有一个交通道口。

居住区用壕堑围绕，显然是出于防御的目的。这是我国已知最早的一种防御设施，同类壕堑也见于外国原始聚落的遗址。原始部落还有采用树篱作为居民点的防护设施的。半坡一类壕堑，它基本起到后来城墙的防御作用，半坡居住区外围所设壕堑，从地形看可能兼作排洪的水沟，至少大雨之后堑内是有水的。与居住区关系密切的水源、耕地、陶窑以及公墓皆在堑外，则居住区与外部交通必设有桥梁之类。“大房子”入口东向，门前一带无住房，仅有少量窖穴，铲探为中心广场。则居住区通往窑区的主要道路与这个广场相联系，由“大房子”往东，有直通窑区的干道，堑上应设桥梁。根据房屋建筑的情况推测早期架桥技术应已产生。北部壕堑底发现三根直径约15厘米的炭化木柱痕迹，保存最长的有130厘米，三柱间距各在400厘米左右，这可能是北堑上桥梁木构的遗存。推断西部壕堑上原来可能也有桥。

第六节　氏族公社蜕变阶段——父系氏族社会的聚落布局与建筑技术的发展

母系氏族的内部，由于社会生产力的发展而出现了“家族”，氏族内部产生了公私的对立，各家族之间也逐步产生了贫富差异。生产的发展，特别是农业生产所要求劳动量的加大，使得体力较强的男性成员在经济部门中逐渐占据了首要的地位，从而引起了婚姻和家庭形式的变革。原来以母系对偶婚制为基础的家族通过斗争转化为父系的一夫一妻制的“家庭”。这就进一步促使了私有观念的加深，加速了贫富分化以及氏族内部奴役和剥削现象的日益普遍。

一 氏族解体阶段在规划上的反映

家族的发展，使原有的氏族原则日益遭受破坏，父系形成之后，所谓氏族只剩下了一个躯壳。全氏族的集体事业受到削弱，家庭生产职能不断扩大。为了改善自家的生活，增加交换手段，各个家族都自营石、骨制工具、编织以及制陶等手工业。处于这一发展阶段的龙山文化遗址，对此已有所反映。

陕西省长安县客省庄二期遗址，陶窑遗址零散地出现在住房遗址之间。这种布局上的杂乱现象，约即反映了以家族为单位进行陶器生产的部分情况。此时生产方式上的变革，开始打破了原来体现氏族原则的聚落规划。

二 建筑开始向两极分化

随着氏族内部私有制的发展，贫富差别日益加大，家庭住房也出现质量高低的差别。在陕西沣西地区发掘的属于这一时期的客省庄二期遗址，在3000平方米的范围内发现10座住房遗址。这些都是半穴居，平面方圆都不规则。与母系氏族比较，工程质量显著降低。但是这些多是两个或三个半穴居的组合体，空间、体形都较以前的半穴居复杂，是一种新的发展。这些建筑的工程质量低下，应是一般较贫穷的家庭住房。其修建方法约是家庭自营或小集体互助施工的。少数父系氏族领袖人物占有财富较多，而且日益滋长着统治和剥削的特权，他们的住所则是在原来母系氏族时期的水平上加以提高了的高质量建筑。

（一）一般父系家庭住房——前期双联半穴居和后期圆屋组群

1．双联半穴居

例一，客省庄二期H98

遗址平面作“吕”字形。内室为方形，穴底较穴口略大，口部东西305厘米，南北270厘米；穴底居住面东西317厘米，南北292厘米。外室为不规则的长方形，穴口东西529厘米、南北185厘米；穴底东西535厘米、南北200厘米。衔接二室的中间过道长70厘米，宽62厘米。两室的穴壁深约154厘米。

内室居住面上（居住面有两层，差11厘米，都是经过长期践踏形成的硬面），中部偏北有一柱洞，圜底垫有碎陶片。中央及偏东处各有一凹下的小火塘，中央火塘周围一片也经过烧烤，可知烧面为篝火范围，中央凹下处为贮存火种之用。

外室东北部也有一个柱洞，与内室的柱洞相同。北壁中部有一“壁炉”，附近有五个小火塘，这一带居住面也都经火烧。“壁炉”即在穴壁上挖出的壁龛，龛底中间存一土梗，可起炊具支架的作用。由于长期火烧，壁龛呈红色，表面并有烟熏的痕迹。这个“壁炉”除炊事使用外，还可用以保存火种。小火塘有的只是简单的小圆坑，有的则在圆坑周围涂抹一层厚约1厘米的掺砂泥土或掺砂草筋泥，有一个小火塘底部还垫了一大块陶片。外室西北隅有一小型窖藏，为袋穴。西南隅为出入口的坡道。

发掘报告称:“房屋的上部都已毁坏，没有发现痕迹，现存的只是挖入地下的屋基部分[9]。穴内堆积未见残墐或红烧土块之类，报告未说明堆积情况，估计原为茅茨屋顶。

例二，客省庄二期 H174

遗址平面分内外二室，内室稍大，外室稍小，都略作方形。内室约276×260厘米，外室约168×170厘米，连接两室的过道宽60厘米，穴深约128厘米，穴壁也略向内倾，内室是在一个废弃的袋形竖穴上建立起来的，袋穴口为圆形，内室为方形，两者大小略等，袋穴填土形成圆形居住面，所余四角为生黄土，且高起20厘米。内室中央设火塘，形制与前例相同。

外室东南部有一烧面，即篝火位置；东北隅有长方形贮藏窖。西部有出入口，设有踏步两级。

此例内外室都较小，内部未设中心柱。发掘未见残墐。

例三，客省庄二期 H108

遗址为三个相联的竖穴，北部内室平面为不端正的圆形，中部外室为不规则形，南部为近似方形的窖穴——贮藏室。内室直径约250厘米。窖穴约190×180厘米。此例的内室借用了一个废弃的单独圆形竖穴。原来竖穴较深，利用它作为内室增加了外室和窖穴之后，垫高了居住面。在形成三联半穴居的使用过程中，又普遍铺垫居住面一次，厚20厘米，这上一层表面不甚坚硬，估计此面修成后使用时间不长。二层居住面保存较好，此层内室中央有火塘及烧面，形制如前例。外室东壁有“壁炉”，亦如前例。西侧为出入口，设很陡的坡道。内外室之间过道两侧隔墙是用黄土筑起的。窖穴内无“路土”硬面。可知不是经常活动的地方。

以上三例，约为关中地区父系氏族前期一般家庭住房的典型式样。这种内外室的布局，从生活遗迹来看，内室为卧室，外室为炊事等使用的起居室，必要时也可住人。这一类住房普遍在室内设置窖藏。母系氏族时期的窖藏是设在室外的，此时在空间狭窄的半穴内不惜占据使用面积来设置窖穴，说明贮藏有看守的必要。各家庭之间私有财产的差别，破坏了原有同甘共苦的氏族公有制原则，于是出现了偷盗一类的现象。

2．圆屋组群

父系氏族后期临近奴隶制确立的前夕，新的、文明的阶级社会的秩序逐渐形成。广大穷苦的氏族成员和外族俘虏，即将形成一个被剥削、被压迫、被奴役的阶级；社会财富日益集中于少数部落酋长及其种族近缘的特权成员之类的手中。处于这一历史阶段的住房目前仅在晋南、豫西一带发现部分遗址，聚落规划情况不明。这些住房多作圆形，比较规则，工程质量较好。其突出特点是，圆屋有二或三栋入口互相呼应，成组布置，应是较富裕的家庭住所。

河南淅川黄栋树龙山文化晚期遗址，已发现三栋一组的住房。主房为圆形，门南向，门前左右各有一栋稍小的方形配房，两门相对，构成三

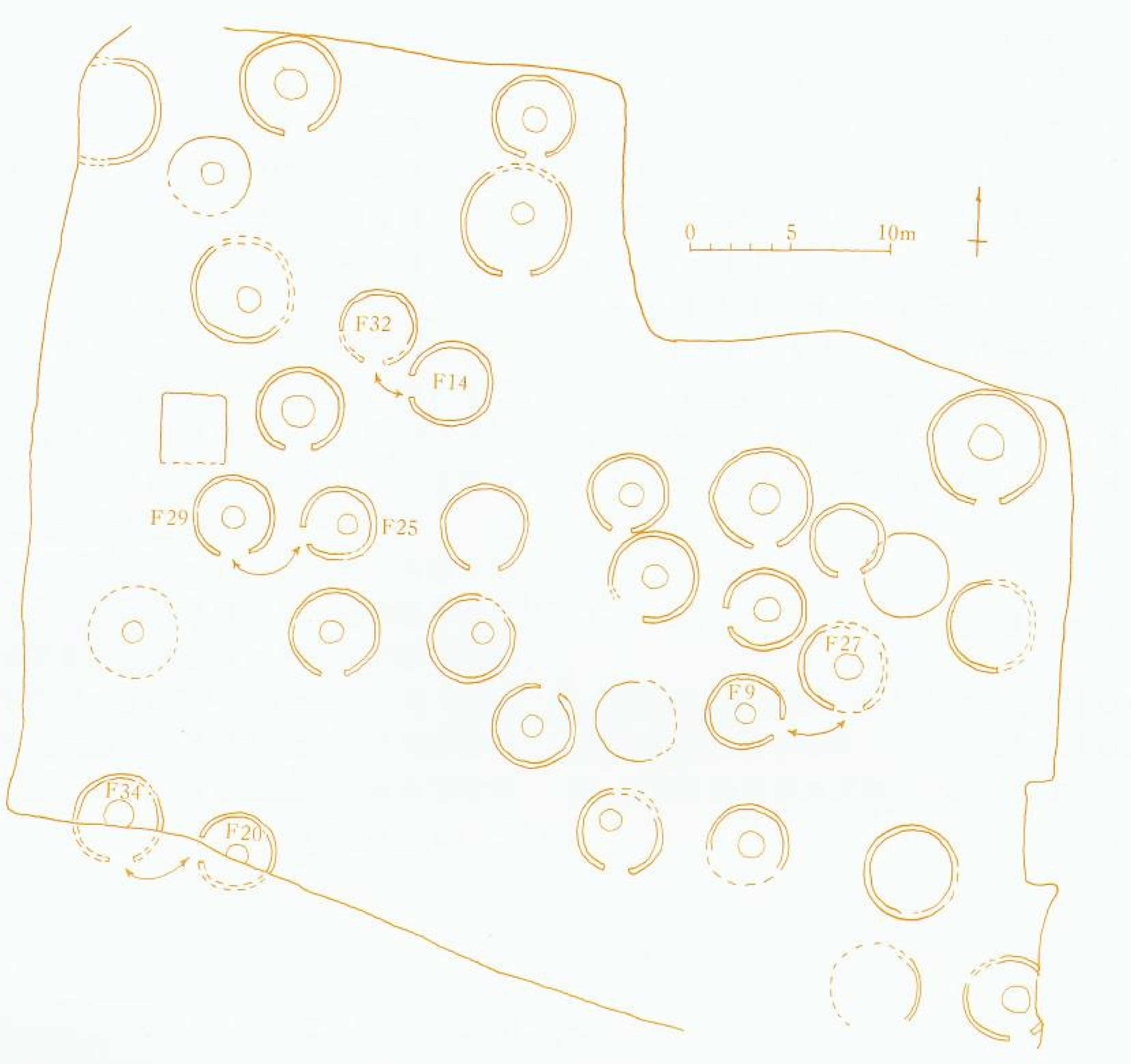


图1-6-1 河南汤阴白营聚落遗址平面示意图

合的形式。

从河南汤阴白营龙山文化晚期聚落局部遗址来看（图1-6-1），一般由于日照要求入口南向；但也有西向、北向或东向的，这显然出于圆屋之间方便联系的要求。例如F20门西向，F34门约南向，二者可能是一组；F9门东向，F27门约南向，二者可能是一组。F25门西向，F29门南向，二者可能是一组，F14门西向，F32门约南向，二者可能是一组，等等。

河南永城王油房、黑堌堆龙山文化晚期遗址，也发现类似住房遗迹。

(二)父系氏族首领住房的变化

随着父系氏族首领特权的增长以及向奴隶主的转化，其居住的“大房子”也逐渐改变了原来公共议事场所、氏族会场和集体福利建筑的性质。在父系氏族后期，前堂后室的“大房子”变成父系首领所专用，成为他的特权家庭居住和办理统治事宜的场所。古文献记载传说中相当于此时的父系氏族首领——尧、舜的住房，是“堂崇三尺，茅茨不剪”。防潮效果较好的夯土台基，是这一时期的新技术，显然是当时最高质量的建筑。这一记载可与目前所掌握的建筑发展情况相符合，是有参考价值的。

三 营建技术的新成就

(一)夯筑技术的形成

在母系氏族时期，柱坑回填土已见分层夯实的做法，进一步在整理建筑基址，垫平早期灰坑时，为了基底坚实，也分层回填踏实。在河南汤阴白营遗址，圆屋地面已采用夯筑的做法，夯土密实坚硬。F16地面有明显的夯窝，夯具可能就是木棍。这是目前所知最早的夯土实例。山东龙山文化晚期遗址，也发现同样的做法。夯筑技术的发明，为土木混合结构建筑的发展创造了条件。在后来奴隶制社会时期，它进一步发展为版筑，成为奴隶主阶级所占有的城垣、宫殿建筑的重要营造手段之一。此后直到封建晚期，版筑技术仍被采用。因此可以说，此时发仞的夯筑技术，在建筑史上具有深远的意义。

(二)土坯的发明

河南省永城县龙山文化晚期遗址，王油坊圆屋遗址F1，内壁用土坯陡砌错缝，土坯之间用黄泥浆粘结，泥浆厚约1厘米，土坯褐色密度较大，边齐面平，规格不甚统一，一般长40—42厘米、宽16—20厘米、厚8—10厘米。这是目前所见最早的土坯。这种坯是湿土加夯制作的，古文称“墼”。土坯的发明与夯筑技术有着同样重大而深远的意义。

(三)石灰质材料的推广

早在仰韶文化晚期，就出现了居住面施石灰质面层的做法。在龙山文化时期，“白灰面”得到很大的推广。龙山文化前期，只是在居住面上粉刷数道，形成一个很薄的白色硬面。这反映当时白色石灰质材料来源不足，或取自黄土中的石灰

质结核（俗呼“料姜石”）磨粉，或为贝介类烧制的粉末(古文献称“蜃灰”)，在龙山文化晚期的遗址中，例如河南汤阴白营遗址，三十余座住房基址，绝大多数施有白灰面。此时抹灰一般厚约3毫米。遗址中发现施工合灰所用的陶罐，里面尚残存许多白灰。河南永城龙山晚期遗址，在“灰坑”（垃圾坑）中发现业经烧制的石灰若干块，原料为石灰岩块石。汤阴白营遗址附近小山多白灰岩，附近河滩则多石灰岩砾石。推测此时白灰面所用的白灰，已是石灰石烧制的了。由于材料来源充裕，居住面已由灰浆粉刷改进为灰膏涂抹。

(四)散水的使用

白营遗址，在墙根外围四周普遍发现散水。散水坡度较大，其面层，一种为草筋泥涂抹而成，厚约2.5—3.0厘米，与墙体草筋泥抹面连续；另一种为料姜石渣掺黄土拍实，表面尤为坚硬，散水的使用，避免了墙基积水减少受潮，结合擎檐柱（白营遗址也有此遗迹）的加大出檐，在一定程度上解决了原始建筑的墙体防潮问题。

从旧石器时代晚期建筑萌芽开始，在这七千年左右的时间里，建筑完成了从无到有、从地下到地上的开创阶段。在这个阶段中，形成了中国古代建筑此后又持续四千年之久的传统的基础。从工程技术方面讲，作为中国古代建筑主流的土木混合结构，在这个最初的发展阶段中，已积累了若干重要的经验：木结构方面，创造了基本榫卯；土结构方面，创造了夯筑和土坯。这为奴隶社会城邑和宫殿、坛庙的大规模建设创造了条件。在建筑经营上，这一时期出现了“前堂后室”，开创了中国奴隶制和封建制宫廷“前朝后寝的基本格局；突出主体的“三合”布置，启萌了此后四千年中国建筑群组的中轴规划系统。这些创造对于中国古典建筑体系的形成，是具有重大意义的。

参考文献

[1]浙江省文物管理委员会，浙江省博物馆:《河姆渡遗址第一期发掘报告》，《考古学报》1978年第1期。

[2]中国科学院考古研究所:《西安半坡》，文物出版社，1963年版。

[3]郑州市博物馆:《郑州大河村仰韶文化的房基遗址》，《考古》1973年第6期第330页。

[4]陕西省考古研究所泾水队:《陕西邠县下孟村遗址发掘简报》，《考古》1960年第1期第1页；《陕西邠县下孟村仰韶文化遗址续掘简报》，《考古》1962年第6期，第292页。

[5]考古研究所宝鸡发掘队:《陕西宝鸡新石器时代遗址发掘记要》，《考古》1959年第5期第229页。考古研究所渭水调查发掘队:《宝鸡新石器时代遗址第二、三次发掘的主要收获》，《考古》1960年第2期第4页。

[6]北京大学考古实习队:《洛阳王湾遗址发掘简报》，《考古》1961年第4期第175页。

[7]《财产及其起源》第48页，三联书店，1957年。

[8]宋兆麟:《云南永宁纳西族的住俗——兼谈仰韶文化大房子的用途》，《考古》1964年第8期第409页。

[9]《沣西发掘报告》，第45页，文物出版社，1962年。

第二章　奴隶社会时期的建筑技术(公元前2100年至公元前475年)

大约在公元前2100年，我国历史进入了奴隶社会，经过夏、商、西周，到春秋时期开始向封建社会过渡。在长达一千六百余年的奴隶社会时期，奴隶们用他们的智慧和劳动创造了物质财富和精神文化，开创了我国古代文明的先河。在大量奴隶协作劳动的条件下，农业生产空前提高，手工业与农业的分离和进一步的专业化，文字的形成，科学技术的发展，青铜工具的使用和铁器的出现，各种艺术的创造，都是原始社会所不能比拟的。版筑城墙的兴建，土木相结合的宫室建筑和高台建筑的出现，陶质建筑材料（瓦、铺地砖、水道管）的制作与使用，是这时期建筑工程技术成就的主要标志。

第一节　建筑技术的发展概况

一　建筑技术的发展

夏朝是我国奴隶社会的开端，大约相当于公元前二千一百年至公元前一千六百年间，共四百多年，其主要活动区域在今黄河中下游一带。相传夏禹“以铜为兵”，他“身执来臿，以为民先”[1]，带领群众治理洪水，整修沟洫，平息水害，开垦土地，发展了农业生产。禹传位其子启，中国历史开始了《礼记·礼运》上所说的“家天下”即所谓“天下为家，货力为己”的局面。夏朝统治者对周围部落发动战争，掠夺奴隶，驱使他们从事各种生产劳动。在山西夏县东下冯村遗址中发现相当于夏代的铜镬、石范和青铜的镞、锥、刀等工具，表明铜器已开始用于生产。大量奴隶劳动和出现青铜生产工具，促使农业发展和农、牧、手工业的分工深化，这些，都使大规模的建筑活动得以实现。城郭的修建和宫室台榭的营造，是这个时期建筑技术重大进步的表现。

公元前十六世纪建立的商朝，立国约六百余年，是我国奴隶社会大发展的时期。迄今考古发掘证明，至迟从商代起我国已开始有了文字可考的历史。它的统治区域以河南中部为中心，东至海，西到陕西，北达河北、山西、辽宁，南抵湖北、安徽以及江南一部分地区，而影响所及则远远超过这一区域。商朝在当时已经成为世界上具有高度文明的奴隶制大国。

商王朝的统治者用残酷的手段驱使更多的奴隶从事农业、狩猎、手工业、修路、建筑等生产活动。专业的分工、生产规模、工艺水平，都达到前所未有的高度。特别青铜器手工业，完全为奴隶主贵族所垄断，设立工官，技术纯熟。此外，制陶、刻骨、玉石制作、皮革、丝麻纺织、竹木漆器、舟车、建筑等也有很大发展。

商代社会生产的巨大进步，使建筑技术获得进一步发展。商代的重要建筑遗存，目前已知并发掘的有：

1.河南偃师二里头遗址，此地是传说中商初都城西亳的位置；

2.郑州商城遗址，可能是商代中期的敖都；1)

3.河南安阳商代最后都城——殷；

4.湖北黄陂盘龙城商代中期城址和宫殿遗迹。

遗址发掘资料表明，远在商代，我国建筑就已经出现自己的独特风格，开始把城市作为一个整体来规划与建设，有一定的布局原则，宫殿建筑群体组合已有明确的中轴线；土木建筑技术已经推广，擎檐柱的使用，反映了高大的木结构建筑技术的新水平。管道排水设施、装饰技术也有很大的发展。

公元前十一世纪建立的西周是我国奴隶社会的鼎盛时期。“溥天之下，莫非王土。率土之滨，莫非王臣。”[2]周灭商，占有了商朝的全部领土，还攻灭了许多方国，获得了大量的财富和奴隶，经济比商代有了更大的发展。农业中青铜工具增多2)，大量使用奴隶，使农业生产有巨大发展，进入新的阶段。手工业种类增多，分工更细，号称“百工”。工官制度更加完备，实行了“工商食官”制度，规定从事手工业生产的奴隶，世世代代都是国家的工奴。西周时期的车，形制美观大方，制作精巧，它充分反映了木工、金工、漆工、皮革工等各种技术的高度发展和熟练程度。农业生产和手工业技术的发展，为建筑技术的发展开辟了广阔的前景。以庭院为单元的组群布局、斗栱的创造，瓦的制造，都是这个时期建筑技术的巨大成就。

公元前770年周平王迁都洛阳，开始了我国历史上的春秋时期，这是奴隶社会向封建社会过渡的大变革时期。铜工具的广泛应用，铁器的发明和牛耕的推广以及大量私田的出现，促进了农业和手工业的发展。手工业奴隶在斗争中逐渐冲破了“工商食官”制的枷锁，得到解放，成为个体手工业者，大大提高了生产兴趣，不断地改进了生产工具和提高生产技术，推动了手工业不断向前发展。文献中就有“工肆之人”[3]和“百工居肆，以成其事”[4]的记载，就是这一变化的反映。

春秋时期政治经济的重大变化，为建筑技术的大发展创造了有利条件。城邑建筑频繁、施工有周密的计划和严密的组织、版筑采用分块夯筑方法，以及宫殿建筑、高台建筑的发展、金属构件的使用、陶瓦的应用、装饰手法更为丰富多彩等，即其表现。春秋战国之交的著作《考工记》一书，集中反映了这个时期建筑技术的一些成就。同时还出现了一些杰出的建筑匠师。公输般就是春秋战国时的著名建筑大师。

二　建筑的两极分化和等级差别

建筑在阶级社会里反映的阶级性，从奴隶社会中宗庙、宫殿建筑和奴隶民居的对立，明显地表现出来。马克思指出：“劳动生产了宫殿，但是替劳动者生产了洞窟。劳动生产了美，但是给劳动者生产了畸形”。[5]奴隶主王室及贵族为了满足其统治的需要和生活的要求，运用了当时建筑技术的最高水平，在他们居住的城市里修建了华美的宫室和宗庙建筑，而创造并掌握建筑技术的奴隶们却居住在极其简陋的地穴或半地穴式的窝棚里。建筑走向两极分化，产生了宫殿与洞窟对立的历史。正是社会上奴隶主与奴隶之间的阶级矛盾的反映。

山东平阴朱家桥，河北邢台曹演庄，磁县下潘汪等地商周村落遗址的房屋，反映了奴隶的悲惨处境。这些房屋基本上都是半地穴式，形状很不规则，面积很小。小的长宽（或圆径）不到3米，大的只有4米左右，一般都是利用坑壁作为一部分墙垣，房顶架设很简单，只用几根木檐支撑，然后铺草。既不打地基，也无夯土墙，地面高低不平，墙壁一般不经过加工修整，壁面粗糙，有的甚至还可以看出挖坑时使用工具的痕迹。由于面积过小，灶只能设在房屋的外面。门道窄小，无一定方向。

奴隶社会时期，不但存在奴隶与奴隶主两个对立阶级，而且在奴隶主阶级内部又分等级。这种等级制度到了西周以后更加森严成为一道不可逾越的鸿沟。它在建筑方面的反映也是很明显的。例如，在《考工记》里记载天子的城方九里，公侯、伯子的城则为七里、五里、三里，天子的城高七

1）二里头遗址和郑州商城与商都的关系，目前学术界意见不一。一说二里头晚期为商初成汤居亳的亳都，郑州商城为仲丁迁敖的敖都；另一说二里头早期和晚期均属夏文化范围，郑州商城则为成汤的亳都。本书采用第一说。

2）《诗经·臣工》：“命我众人，庤乃钱镈，奄观铚艾。”钱即铲，镈即锄，铚是收割工具镰刀。江苏仪征破山口西周墓葬中曾出土一件刃口锋利的青铜镰刀。

雉，公、侯、伯的城高五雉、三雉。天子的宫室台高九尺，柱子涂红色；诸侯台高七尺，柱子涂黑色，大夫台高五尺，柱子涂青色，士的居室台高二尺，柱子涂黄色，不得僭越。除了大奴隶主贵族建造的大型宫室以外，贵族、士大夫住宅也是广室高台，上栋下宇。主房前堂后寝，房屋宽大，地基经夯打，高出地面。屋内地面抹一层草泥土或白灰面，平整坚硬。四面有夯土墙。二里头和殷墟宫殿的周围都发现有中小型夯土台基的建筑。其结构和王宫基本相同。

中小奴隶主和控制着官府手工业的工官，是奴隶主阶级的一个组成部分，由于他们的地位不同，住宅的规模和构造也有区别。河北藁城奴隶主的建筑有单间、双间和三间的，也都是以夯土和土坯做墙，以木柱做梁架的地面建筑。房屋之间井然有序，有一定的组合关系。郑州铭功路陶窑遗址的北面，有一座长方形房屋和一座大型地面夯土建筑，而相邻20米远处却分布着14座半地穴房屋。安阳殷墟王宫范围内为磨制各种精致小型玉石器的地方，有一座居住室修建得很讲究。这座房屋的墙壁为了防潮，下半截嵌木炭，上半部用白灰涂抹墙壁，光滑平整，并用红黑两色绘成彩绘。地面用火烧烤，坚硬平整。

第二节　夯土筑城技术的发展

夯土技术始于原始社会晚期，在奴隶社会时期获得了巨大的发展，到了春秋时期，已达成熟阶段。它集中表现在城垣工程上。

一　筑城的出现和发展

在我国古代史文献中，有多处记载了早在氏族社会末期出现城郭，如《世本·作》说："鲧作城郭"，《淮南子·原道训》说："夏鲧作三仞之城。"《礼记·礼运》也说："今大道既隐，天下为家，各亲其亲，各子其子，货力为己，大人世及以为礼，城郭沟池以为固。"可见那时已出现了作为保护奴隶主财产的城郭。又据文献记载，夏朝的历代统治者曾在阳城、安邑、鄩（今河南省西部和山西省南部）等地建立过国都，修筑了具有一定规模的城郭。近年来，在河南登封告成镇发现了相当于这个时期修筑的城垣及有关的遗迹。反映了当时城市的兴建还处于初期阶段。

在商王朝统治五百年左右的时间里，曾多次迁都，建筑了较大的统治中心城市，它的方国，也建筑了许多规模不等的城市。商代的城址，目前已发现的有河南郑州和湖北黄陂盘龙城两处，均属商代中期所建。

公元前十一世纪，居住在我国西北陕甘地区的周族灭商以后，建立了强大的奴隶制国家。周初，为了便于对中原地区的统治，文王和武王征调大批奴隶，先后在沣水两岸建立了丰邑和镐京。文王时"筑城伊淢，作丰伊匹"，武王时"考卜维王，宅是镐京，"[6]用京字作国都的代称，镐京还是第一次。丰、镐两城址及其有关建筑遗迹，目前尚未发现。

在周成王时期，为了加强对商奴隶主贵族的控制和进一步加强对东方广大地区的统治，营建了洛邑，周公当时一共筑了两座城市：一是王城；后来成为东周的国都；一是城周城，是用来囚禁殷"顽民"的，并派有重兵在那里驻守。这两座城址，都曾为后来许多朝代所沿用，成为重要的都会。

春秋时期，各诸侯国之间的争伐频繁，因而作为防御工事的城垣工程，获得重大的发展。当时除了各诸侯国普遍建筑城郭外，各国的世室大夫也纷纷筑城，自设都邑。据《春秋》所记，自鲁隐公元年（公元前722年）到哀公十四年（公元前481年），各国筑城七十座以上，仅鲁国就筑城十几座。有些城是集合诸侯国的力量来共同完成的，如公元前644年齐国集鲁、宋、陈、卫、郑、许、邢、曹诸国的劳动力筑鄫城；公元前659年齐师、宋师、曹师筑邢城；公元前658年诸侯筑楚丘城而封卫；公元前646年诸侯筑缘陵城而迁杞；公元前576年诸侯之大夫筑虎牢城；公元前544年知悼子合诸侯之大夫筑杞城……等。这些城都是为了战争的需要或为了巩固一次战争的胜利果实而营建的。

近年来，许多地方发现了东周早期（春秋时期）的城址，如山西侯马晋都曲沃和新田故城，山西芮城古魏城，河南洛阳东周王城，河南偃师滑国故城，河南黄国故城，河南新郑郑韩故城，河南上蔡蔡国故城，山东滕县薛城，山东邹县邾国故城，山东曲阜鲁国故城，陕西凤翔秦雍城，湖北江陵楚郢城等。

二　城市的选址和规划

城是作为保护奴隶主的私有财产而出现的，又成为奴隶主统治的中心。城址建在什么地方，对奴隶主来说，是一项重要的事情。根据史书的记载和考古发现，当时建筑城址的地点，大多选择在依山傍水的地带，土地肥沃，利于农耕，地势优越，易于防守。例如登封告城王城岗遗址位于颍河与五渡河交汇处，北有嵩山，附近丘陵起伏，河流纵横，地势宽阔平坦，土质肥沃（图2-2-1）。郑州商城选择在河南大平原西部，北临

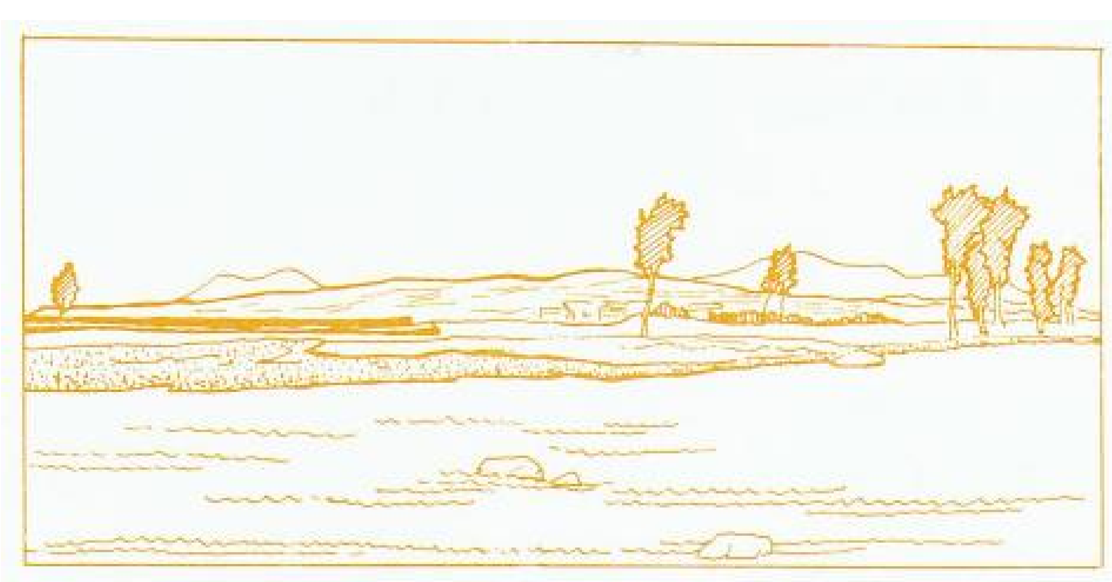


图2-2-1　河南登封告成王城岗遗址环境

黄河，西接豫西山地，东南两面为开阔的豫东大平原。西周初年营建的丰、镐，位于关中平原中部，附近有渭、泾、丰、浐等河流贯其间。洛阳东周城，居伊洛两水合流的盆地，四周地形险要，西通关中，东连华北平原，居天下之要冲。晋都新田，位于侯马平原，居晋南之中，汾、浍流贯其间，土地肥沃。

周公营筑洛邑时，对筑城工程进行比较认真的规划，先选定了地区，丈量了尺寸，测定了宫室，宗庙的位置，立楔标记，然后驱使殷人筑城，只用了九个月的时间就全部完工。[7]

《考工记》记载了王城制度，"匠人营国，方九里，旁三门；国中九经九纬，经涂九轨；左祖右社，面朝后市，市朝一夫"它在一定程度上反映了西周至春秋时期的都城规划思想。这种思想对我国封建社会都城规划产生了深远的影响。

初期的城（即为城垣围成的范围）面积都不大，大概只是奴隶主贵族居住的地区。据目前考古发掘夏代故都阳城（今登封告成镇）城址，墙长宽100米左右，近方形。墙基的厚度为6米左右，残高约1米。城内遗迹的分布情况正在进一步探索中。

到了商代，以宫殿为中心的城市开始发展起来，形成一个初具规模的统治中心。二里头遗址晚期的各种遗迹分布很有规则，中心部位是宫殿区，四周有铸铜、制骨、制陶、制玉等手工业作坊和民居，整个布局，已经显示出我国早期城市的组成特点。

郑州商城规模宏大，具有一定的规划和布局（图2-2-2）。这座商代城墙规模之大，远远超过夏代的城堡，它的周长近七公里，呈正方形，东城墙和南城墙长度相等，均为1700米，西城墙长约1870米，北城墙长约1690米，部分城墙露在现今地面上（图2-2-3），四面城墙发现十一个缺口，有的缺口可能与城门有关。城内东北部一带六万多平方米范围内发现不少大面积夯土台基，最高为2.5米左右，最长在60米以上。部分夯土台基面上还残留有坚硬的"白灰面"和细泥面，以及柱洞、柱础等遗迹。估计这个地区是当时奴隶主贵族居住的宫殿区。城外四周有各种手工业作坊和居住址、窖穴、水井、灰坑、壕沟、墓葬和祭祀坑等遗迹。南墙和北墙分别发现两处商代铸造青铜器的手工业作坊遗址，在城北发现一处制骨手工业作坊遗址。城南铸铜作坊是以铸造青铜镬等生产工具为主，城北铸铜作坊是以铸造青铜刀和箭头为主，这二处铸铜作坊同时还兼铸一些鼎、爵、觚。城西制陶作坊是以烧制泥质陶器为主，这些遗址反映当时手工业早已从农业中分化出来，成为独立的生产部门，而且各手工业之间又进行了分工。

黄陂盘龙城是商代一个方国的都城，规模比郑州商城小得多，但其布局与郑州商城近似，城址平面近方形，南北约290米，东西约260米，城墙遗迹大致清楚，现在残高1～3米，城墙外有宽约10米的壕沟。城内东北隅高地上有密集的大型建筑群，为方国最高统治者居住处，从发掘得知，南北中轴线上，至少有三座宫殿，前后平行布置手工业作坊及奴隶，平民住所和墓葬分布在城外，城东发现有大型的墓葬群。城西，城北有居住址。

东周时期城市规划虽然开始发生了一些变化，但就整个布局来说，仍然保存商周时期的规

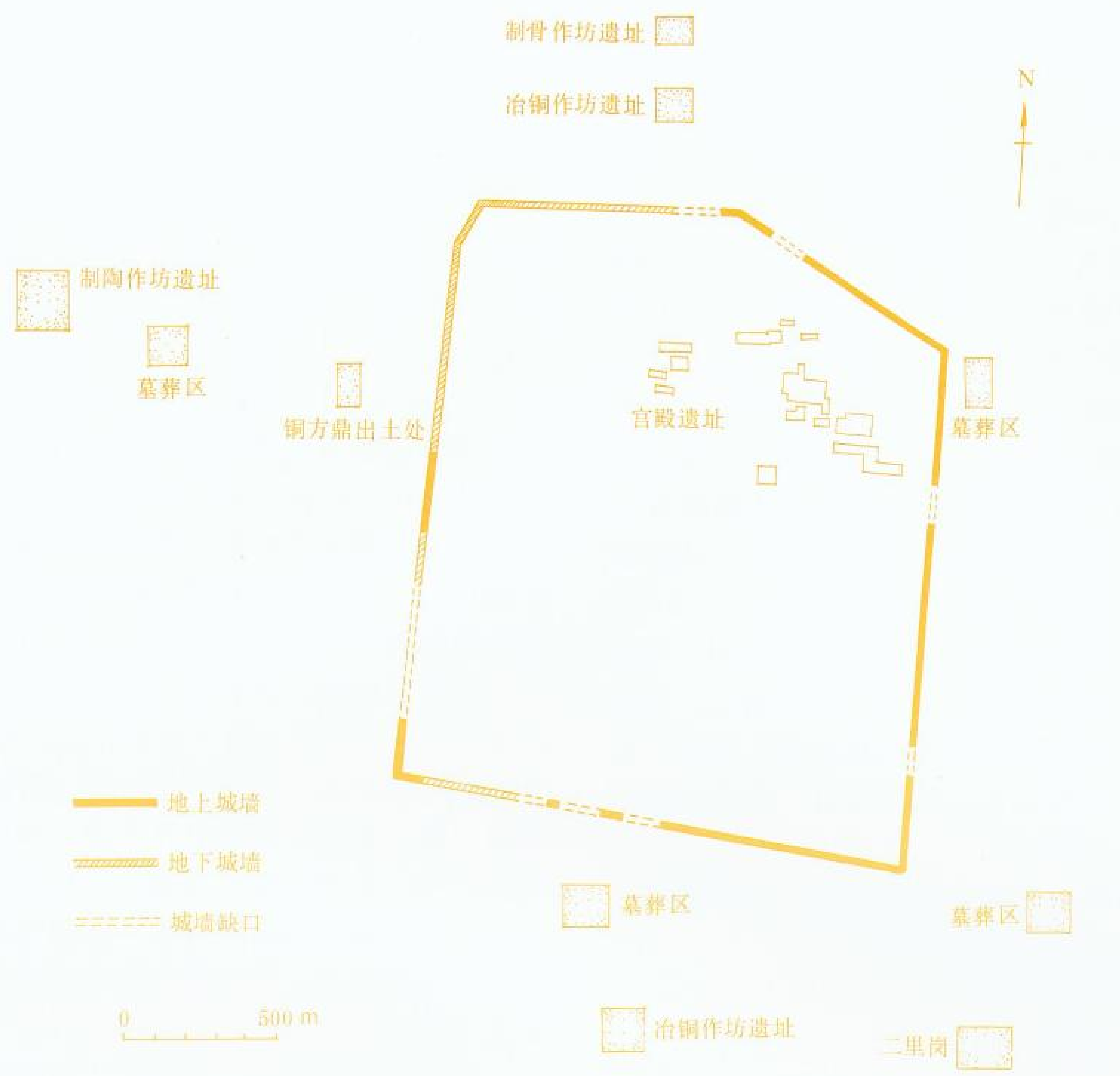


图2-2-2　郑州商城遗址分布示意图



图2-2-3　郑州商代城东城墙北段遗址

划残余。那时，一部分侯国的贵族把他们控制的手工业逐步转移到城内宫室附近的地方。洛阳东周王城、临淄齐城等城址内都发现有东周早期的手工业作坊的遗迹。目前发现的侯马地区古城址，基本上还属于春秋时期的原有堆积，是研究这个时期城市规划的最好资料。解放后，在山西侯马地区先后发现春秋时代的古城有六座。[1] 其中经过发掘的“牛村古城”，南北长 1340～1740 米，东西宽 1100—1400 米，城墙宽 8 米，残高 0.5—1.5 米。城中偏北有一高大夯土台基，呈正方形，长宽各 52.5 米，高 6.5 米，南缓北陡，土台前分布着一些夯土建筑的遗迹。城墙四周有护城壕沟围绕。城南有铸铜、烧陶、制骨、制石等手工业作坊和一般住房遗迹。

三　筑城工程

（一）早期筑城技术

登封告成王城岗遗址就当时的地形建造。先在地平面向下挖一道口宽底窄两边倾斜的梯形基槽，深 2.3 米，口宽 4.4 米；底宽 2.5 米；槽底平坦，然后填土逐层夯打墙基。夯层厚度不等，最厚 20 厘米，一般为 10—15 厘米。夯层上部紧固，下部松散。夯层中央水平，两侧靠近基槽成斜坡状。层与层间铺有细砂，厚约 1 厘米。可能因为黄土粘性大，为便于夯打铺设。夯窝形状有圆形、椭圆形和不规则形，大小不一，夯距不等（图 2－2－4）；夯杵径多为 8—10 厘米，深 0.5—1 厘米。在一些夯面上发现有鹅卵石留下，似为用鹅卵石作为夯筑工具。

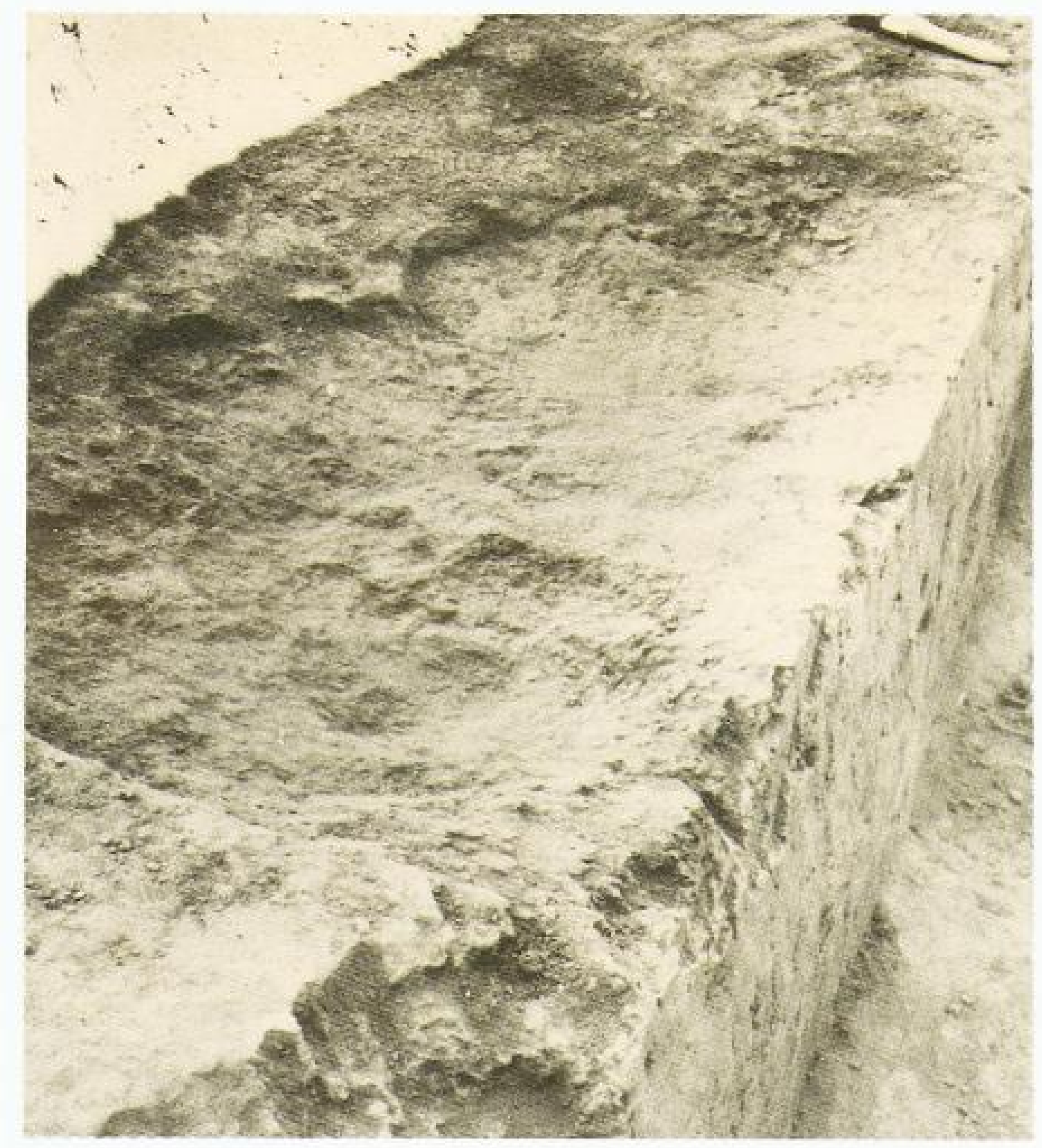


图2-2-4　河南登封告成王城岗遗址西城墙基槽南端T 23 北壁夯土层的夯窝

（二）商代筑城技术——版筑技术的发明

商代中期夯土开始采用木模板。模板的发明是夯筑技术一大进步，为大型建筑向高耸发展提供必不可缺的技术条件。郑州商城和盘龙城商城经历了几千年的侵蚀破坏，在一些地段仍然保存高出现在地面达 3 米左右，正是由于采用版筑技术的缘故。

郑州商城和盘龙城商城都是首先在选择好的城墙位置上，平整地面或向下挖掘一定深度的城基槽，然后填土逐层夯打。郑州商城残存东城墙的横剖面略呈梯形，梯形上底两端向下有二垂直缝，将横剖面分为三部（图 2－2－5），中部宽

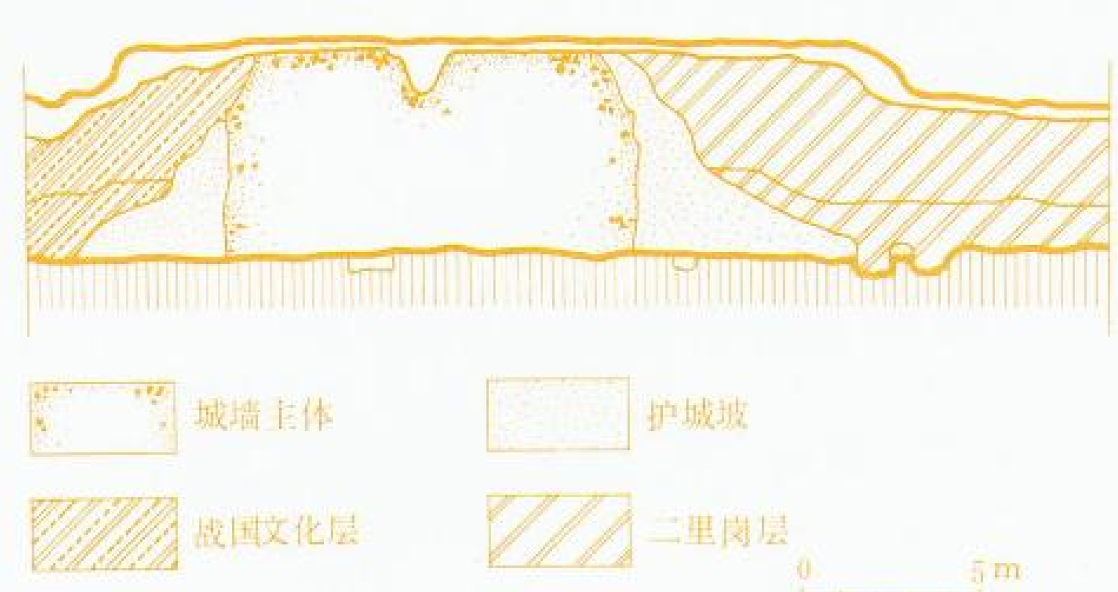


图2-2-5　郑州商城东墙南壁剖面图

1）1960年至 1964 年，山西文管会侯马工作站在侯马地区又新发现古城址四座：台神古城、白店古城、马庄古城、呈王古城。同时在牛村古城南铸铜遗址进行大规模发掘，出土大量铸铜陶范。

10.6米，这是城墙的主体，它的夯层是水平夯层，底部宽各为5米以上。城墙主体两侧的垂直线处有的还遗存腐朽木板痕迹，表明两侧采用木模型板，中间填土夯打，木板每块一般长约2.5～3.3米，宽约0.15～0.3米。城墙主体的夯筑是分段进行的。其筑法是将两侧壁和一个横头都用木板相堵，在这一段内分层夯筑，然后拆除横堵板和两侧壁板，以此逐段前进。在这个城墙的每段版筑相接处也发现有横列木板的版筑痕迹，每段长约3.8米左右。分段版筑法的出现是建筑技术上的一个进步，它可以在同一时间里集中更多的劳力同时按一定的要求标准施工，既加快了进度也保证了质量。护城的两坡成斜坡状，夯土层次厚薄不一，宽度不等，每层本身的厚薄也不同，接近城墙主体夹板的地方厚，越向外越薄，越向上越窄，在两侧护城坡的散水面上，铺有一层料姜石碎块，可能是作为防止雨水冲刷而铺设的保护层。

郑州商城夯层清晰（图2－2－6），每层厚度为8～10厘米，也有部分夯层厚达20厘米或薄到3厘米，在每层夯土面上，分布有密集的圆形尖底和圆形圜底的夯窝，夯窝口径为2～4厘米，窝深为1—2厘米，城墙中部夯层较厚，夯打的质量较差，甚至有的地方很松软，边缘部分夯层较薄，夯窝密，夯打质量也较好，城墙夯土相当坚硬，从打夯时的压力看，至少需要两个人在一起共同协作夯打才能达到。



图2-2-6 郑州商城西墙夯土层和夯窝

（三）版筑技术的新发展——模具支撑的应用

西周、春秋时期，版筑技术又有了新的发展，用立柱、插竿、橛子、草缨来固定模板。在分段夯筑的基础上采用了方块夯筑的方法。这些新的成就，使版筑技术进一步完善，达到成熟阶段。洛阳东周王城的发掘，给我们提供了这方面的重要资料。夯筑城墙时，里外两侧夹有木板；木板横放，每块板长1.3—1.7米，宽约1.5—1.9厘米。夹板的下面用棍承托，板的外面立木柱以草缨拉住，用橛子固定草缨另一端于已筑好的夯土上。在城墙内侧面普遍发现保留有夯筑时使用木板和插竿的洞眼痕迹，在一些洞眼内往往留有朽木灰，棍眼直径一般为7—15厘米，稍粗的有20厘米，洞眼上下的距离是0.3—0.4米，左右距离约0.6—1米，上下行交错排列（图2－2－7)。这些插竿都是用原木做的，木杆有粗有细，弯曲不直，根据洞眼和夹板的遗迹，可以看出，夯打城墙时，每组夹板大体是用两块木板，木板下面用两根或三根木棍承托，每次夯打二层或三层，顺序向上直至顶部。



图2-2-7 （1）洛阳东周城北墙北侧遗留的洞眼

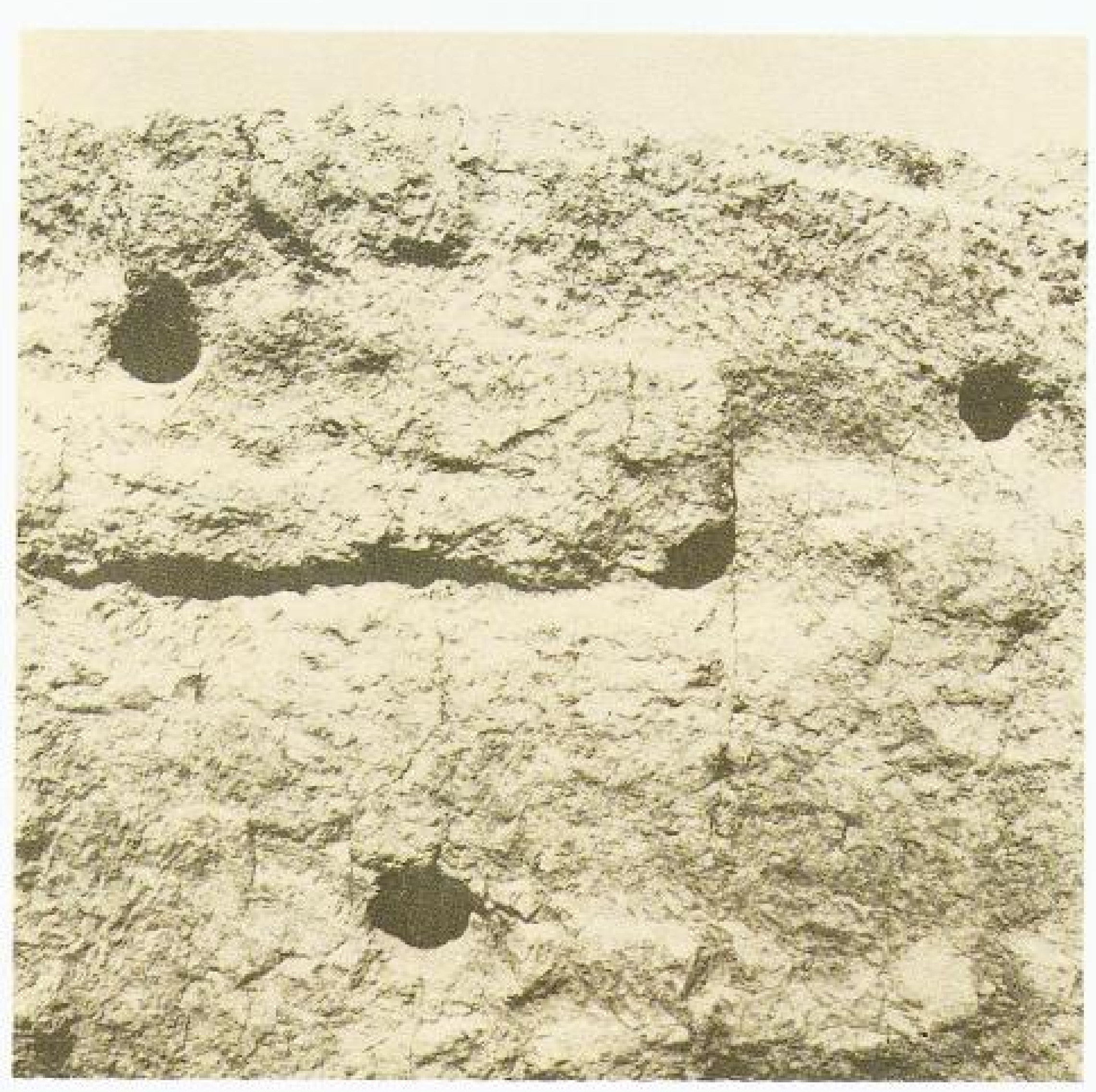


图2-2-7 （2）洛阳东周城北墙上的洞眼与夹板局部

城墙的夯筑，采用分块的方法。一道城墙，既长又宽，在动用大量奴隶劳动的情况下，要同时在这样大的面积内整层夯打是不可能的，就需要采用方块夯筑的方法，以扩大工作面，提高工作效率，加快进度，这是建筑施工组织和建筑技术上的一大进步。方块夯筑是在夯筑时，用木板隔成方块，这个方块夯筑到相当于木板的高度，然后拆板向一方移动，另组方块，这样循序渐近，一层一层向上。每方块大小不一，有1×0.40米，有1.7×0.80米左右的，厚0.20米左右，每方夯土边角痕迹非常清楚，有方角也有圆角，上下夯块交错叠压，层次分明。夯层与夯层之间都有草的痕迹，可能是当时为了便于夯打或是加强抗拉而铺设的，这种成方块错叠的夯筑方法，增强了城墙的坚固性。夯层厚薄不一，一般为6厘米左右，土质较纯净，很坚硬；夯窝为半球面形，直径为1.5—4厘米，深一厘米左右，有的地方可以清楚地看出几个夯窝挨在一起，深浅大体相同，成为一组。根据夯窝的痕迹观察，使用的夯具和商代一样，是用几根原木捆在一起进行夯打的。另外，在墙基底部内侧面的一层夯土面上发现有车轮走过的轨迹，估计施工时可能使用了车子作运土工具。

从以上可以看出，东周时代筑城的夯土版筑技术已较前代更为进步，夯层薄，夯击力大，成方块的夯土交错叠砌更加强了城墙的坚固程度。插竿、橛子、草缨的使用、减少用于护坡的土方和夯筑程序，大大地提高了建筑工效。这一时期的夯土工程技术已经发展到了成熟的程度，一直为后世筑城所沿用。

（四）施工的组织

工程管理方面，西周铜器铭文中已有司土、司工字样1）；诗经也载，周先祖古公亶父在岐山周原筑室时“乃召司空，乃召司徒，俾立室家；其绳则直，缩版以载，作庙翼翼”。[8]说明当时已有管理工程的人来进行建筑活动。

春秋时期，各诸侯国间战争频繁，夯土筑城是当时的一项重要国防工程，在大规模使用奴隶劳动的情况下，施工组织是十分重要的。公元前598年楚令尹建筑沂城和公元前510年晋国率十一国诸侯为周王修建成周城的情况，反映了当时的城址建筑施工已有了周密的计划和严密的组织领导。筑城技术也已经相当成熟。楚令尹劳艾猎城沂“使封人虑事，以授司徒。量功命日，分财用，平板干，称畚筑，程土物，议远迩，略基趾，具糇粮，度有司。事三旬而成，不愆于素。”[9]。晋士弥牟营成周，“计丈数，揣高卑，度厚薄，仞沟洫，物土方，议远迩，易事期，计徒庸，虑财用，书糇粮，以令役於诸侯。属役赋丈”。[10]士弥牟不仅计算了成周的长、宽、高以及沟洫等在内的土石方的数量，需要用多少人工和材料，而且连各国劳动力的往返里程和干粮数量都计算好了。由于工程计划精确周到，各国承担的任务明确，分段包干，各负其责，因而进度快，用很短的时间就完成了筑城任务。这两个事例说明当时人们已经有相当广泛的工程统计经验，并把它应

1）盉尊：“王册令尹锡盉赤市，幽黄，攸勤，日用司六臣王行，三有司，司土、司马、司工”。见《考古学报》1957年第二期。

用到建筑计算上去。

第三节　土木结构建筑

一　宫殿的布局

以木结构为主，土木相结合的构造，是我国古代建筑主要特征之一。随奴隶社会的发展，这种构造也由简而繁，逐步发展成为有机的统一体。奴隶主的宫殿，反映了当时这种建筑技术的最高水平。

（一）商初宫殿宗庙形制

我国奴隶社会时期建筑的平面结构，是在原始社会建筑的基础上发展起来的。根据《考工记》记载，夏后氏世室已是一栋内部分隔为“堂”、“室”、“旁”、“夹”等空间的大房子。但它仍然保持原始社会单体建筑的基本形式。到了商代初年，这种结构开始发生了变化。二里头遗址就反映了这一变化。

二里头商初宫殿宗庙遗址是我国目前发现的最早的一座。这座宫殿宗庙遗址，座落在二里头遗址的中部，面积约一万平方米，坐北向南，下面有台基，台基上面是由一个单体的殿堂和廊庑，门庭等单体建筑所组成的一个建筑群。中部偏北是殿堂，堂前是平坦而宽阔的庭院，南面有敞阔的大门，四周有彼此相连的廊庑，围绕中心的殿堂组成了一座十分壮观的宫室宗庙建筑。附近还发现有若干面积不大的附属建筑的基址，整个平面的布局安排，基本具备了我国宫室宗庙建筑的形制和规模（图2－3－1）。

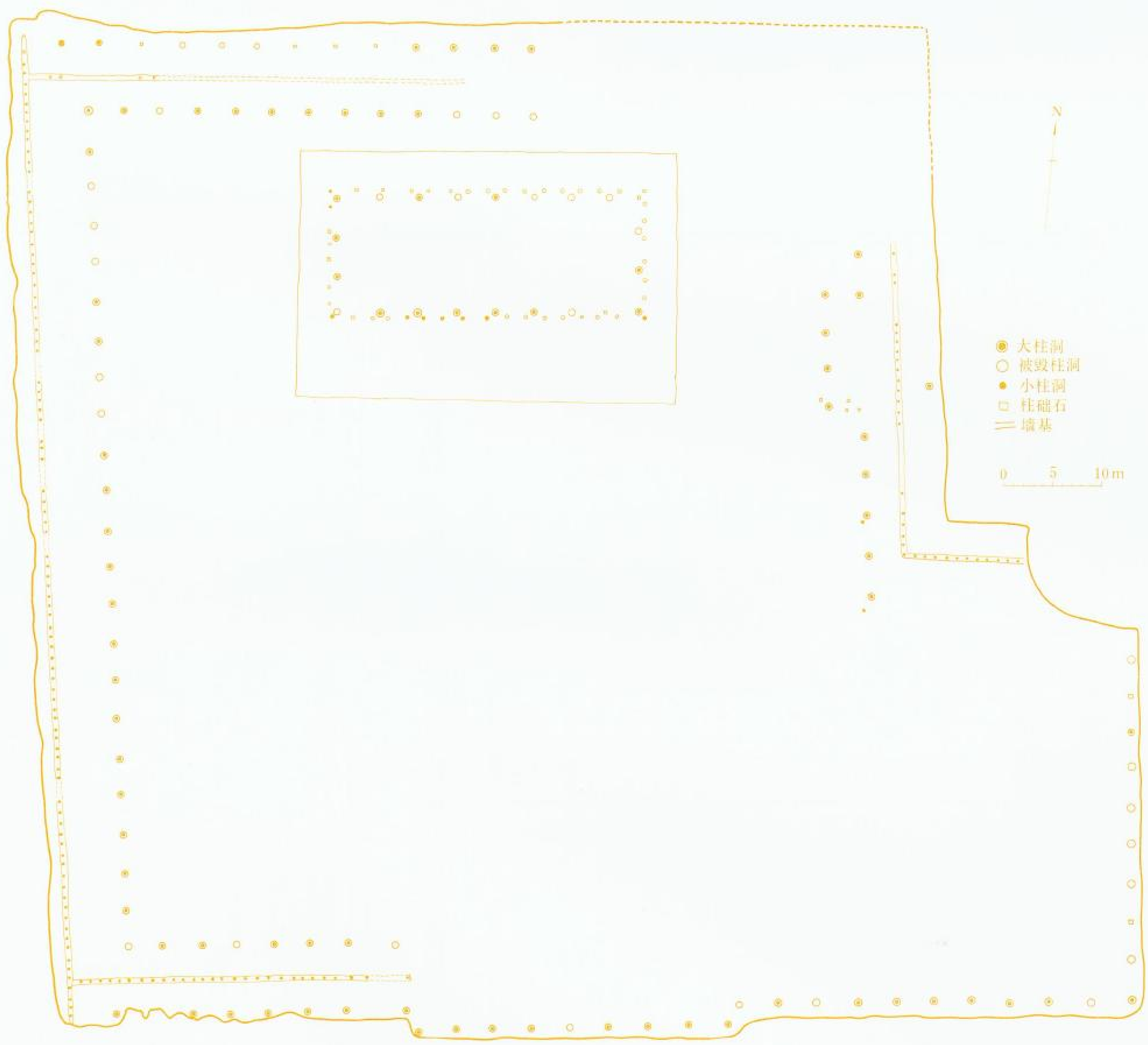


图2－3－1　河南偃师二里头宫殿宗庙遗址平面图

这座宫殿宗庙的基址，是一座大型的夯土台基，整体略呈正方形，东西长约108米，南北长约100米，残存台面平整，高出当时地面约0.30—0.80米。台基的边缘呈缓坡状，斜面上有质地坚硬的料姜土石，或者有路土层，起散水作用。

殿堂呈长方形（图2－3－2），基座东西长36米，南北宽25米，是一座以木架为骨，草泥为皮，面阔八间，进深三间的大型土木结构的建筑殿堂的檐柱南北两面各九根，东西两侧各四根，排列整齐，间距约3.8米。在檐柱外侧，围绕一周擎檐柱，大体上是每个檐柱的外侧附衬二根擎檐柱，相近二擎檐柱的间距约1.5米。这座殿堂四周原有一组完整的廊庑建筑，大台基的四面均发现有一道木骨泥墙的基槽，中间立一排小柱，这道廊庑后墙既可隔绝宫廷内外组成一个庭院，

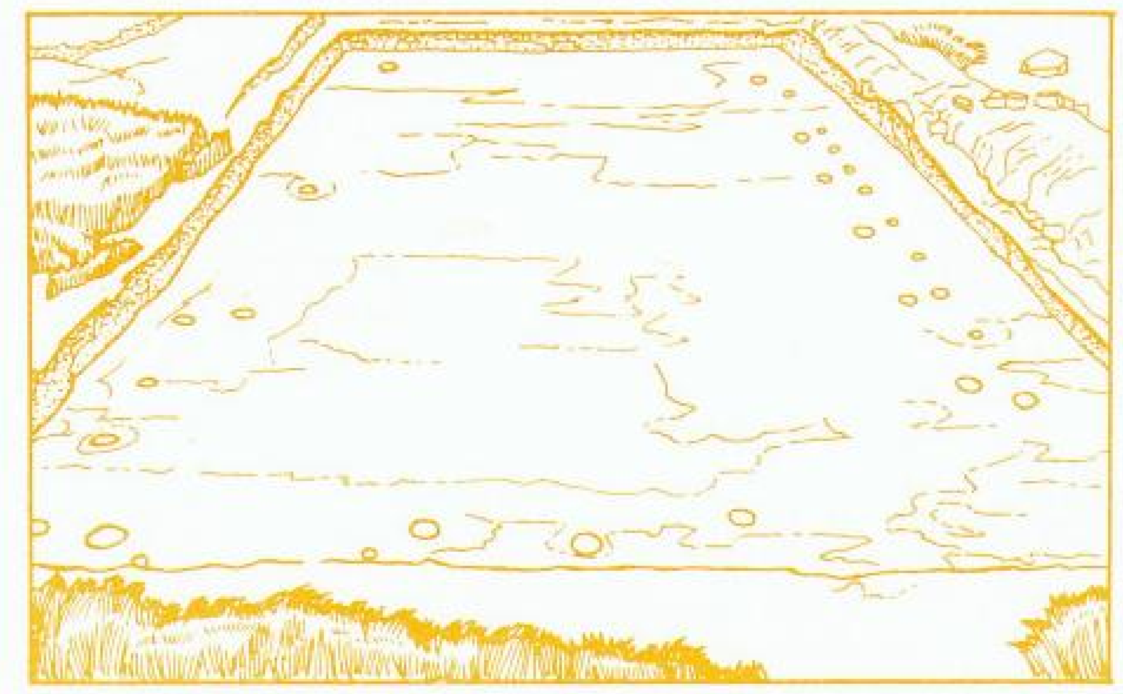


图2－3－2　河南偃师二里头主体殿堂房基遗址

又兼负荷廊庑顶部的承重作用。在西墙基内侧6米的地方以及南、北、东三面墙基内外各约3米的地方，都发现一排与墙平行的柱洞，排列整齐。根据墙基与立柱的情况看，西面为朝向庭院内的单廊，南北两面为复廊，东庑北侧近主体殿堂的地方原来可能是在廊庑上连结有一厢房。

南墙的正中是大门的遗址，有东西向排列的八根大柱，柱的间距约3.8米，其下延部分的夯土呈缓坡状，缓坡上面有路土向南延伸。大门与殿堂相对，东西两端与廊庑相连，这可能是有七个门洞的牌坊式的大门建筑。甲骨文门字作“冂”形，左右两根立柱，上加一根横梁，立柱内侧安装门扇。这座宫殿的大门可能就是这样的形式。

（二）商中期的宫殿建筑群

湖北黄陂盘龙城商代中期宫殿建筑基址，位于古城墙内东北部高地上，宫殿建筑在夯土台基上面，目前已发现的殿堂基址有三座，前后平行排列在一南北轴线上，方位同城墙一致，可以看出这是一组有统一规划布局的建筑群，目前已经发表了只是其中一座（FI）的发掘报告（图2－3－3）。

这座宫室复原情况约是：面宽38.2米，进深11米。中间四室，其中中间的二室较大，面宽各为9.4米，各室都在南壁中间开一门，各宽1.2米，中间二室又在北壁偏东处开一个后门，宽为0.9—0.95米，两侧两小室没有后门，可能有后窗，四室之外是一周回廊，宽2米，回廊的四周有用陶片叠砌的斜坡状的散水。最近在郑州发现的大型宫殿遗址，平面结构和盘龙城的宫室相似[1]。

（三）殷商晚期的宫殿建筑群

殷代晚期，建筑群的组织又有了新的发展，安阳小屯殷墟，原是商王朝最大的经济、政治、军事和文化的中心，当时王室的建筑已有周密的规划布局。盘庚迁都于殷时，就确定了王室建筑的方位，武丁时期又进行了大规模的兴建。在这里已发现数十处宫殿基址。王宫北面、东面有洹水环绕，形成天然屏障。宫室基址有长方形、凹形和条形等多种，最大的长约46.7米，宽约10.7米，中等的长约28.4米，宽约8米，小的长约5米，宽约3米。方向有正东西向和正南北向两种。

1）郑州商城内大型宫殿遗址范围很大。河南省博物馆近两年来正在对其中的一部分进行发掘，从已发现的资料看，宫室规模较盘龙城大，但平面布局和建筑技术则相似。

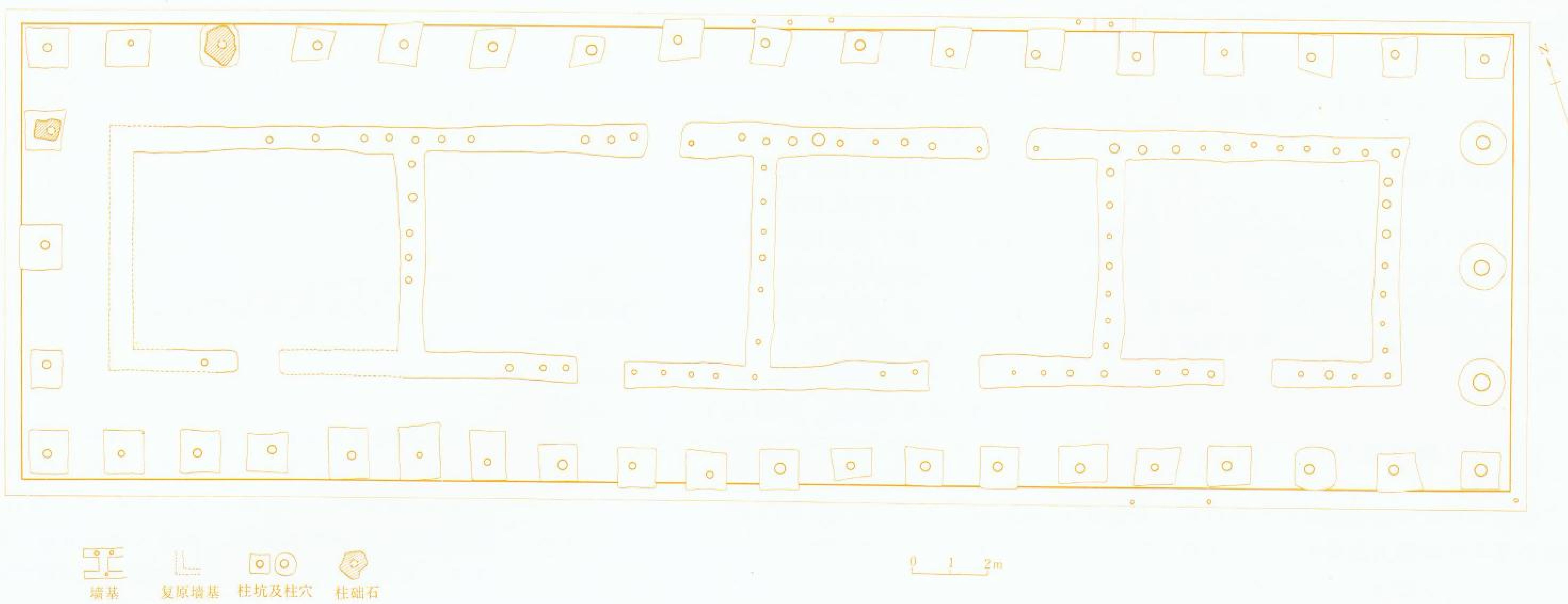


图2-3-3　湖北黄陂盘龙城宫殿F 1 遗址平面图

(四)西周初期的宫殿建筑

西周时期，宫殿建筑群的布局，在早期文献中已有较详细的记载。据《尚书·顾命》对宫殿建筑形制的描述，前面有正门，门的两侧有“右塾”和“左塾”，门内有庭(院落)，庭内居中有主要建筑物——堂，堂前有东西两阶，堂后有侧阶，堂上有主室和在其左右的东西房，庭的东西两侧又有东西厢房，以及东堂、西堂和东垂西垂（可能是东西堂的坡道），正门的前面有应门，应门之前还有皋门(外宫门)，这是一组规模宏大、格局整齐的四合院式的群体建筑。最近在岐山凤雏和扶风召陈发现了两处西周时期的宗庙宫殿建筑遗址[1]，其中凤雏的宗庙宫室建筑遗址的布局与上述史书的记载几乎完全相同。

岐山凤雏西周早期的宫殿（图 2－3－4）是一座由三个庭院及其四周围绕的若干房屋组成的。这一组建筑形成封闭的空间，很象我国后来在北方流行的四合院。院落的南边正中有一影壁，影壁正对着院落的大门，进门就是前院，前院的北边是主体殿堂，再往北是后院，后院中间有过廊，过廊往北通后室，前后院周围有回廊，东西两边是厢房，整个建筑保持南北中轴线，东西两边严格对称，符合前堂后室的制度。

大门正前面的影壁长约 4.8 米，厚 1.2 米，现存残高 0.1 米，大门在门厅的正中，宽 2.8 米，长 6 米，门道地面中间稍高，南北有缓坡，中间偏北地方有门坎，两侧各有三根立柱，东西对称，大门的两侧是门房，门房地面都高于门道 0.3 米左右，两侧门房台基东西各长 8 米，南北各宽 5.5— 6 米，大小相同。房屋面阔约 7 米，进深约 4 米，每侧分三间，各间宽度不一，小的 2 米，大的 2.7 米，立柱比较有规律，南北对称，东西并列，门外的东西拐角处有两相对称的台阶，长

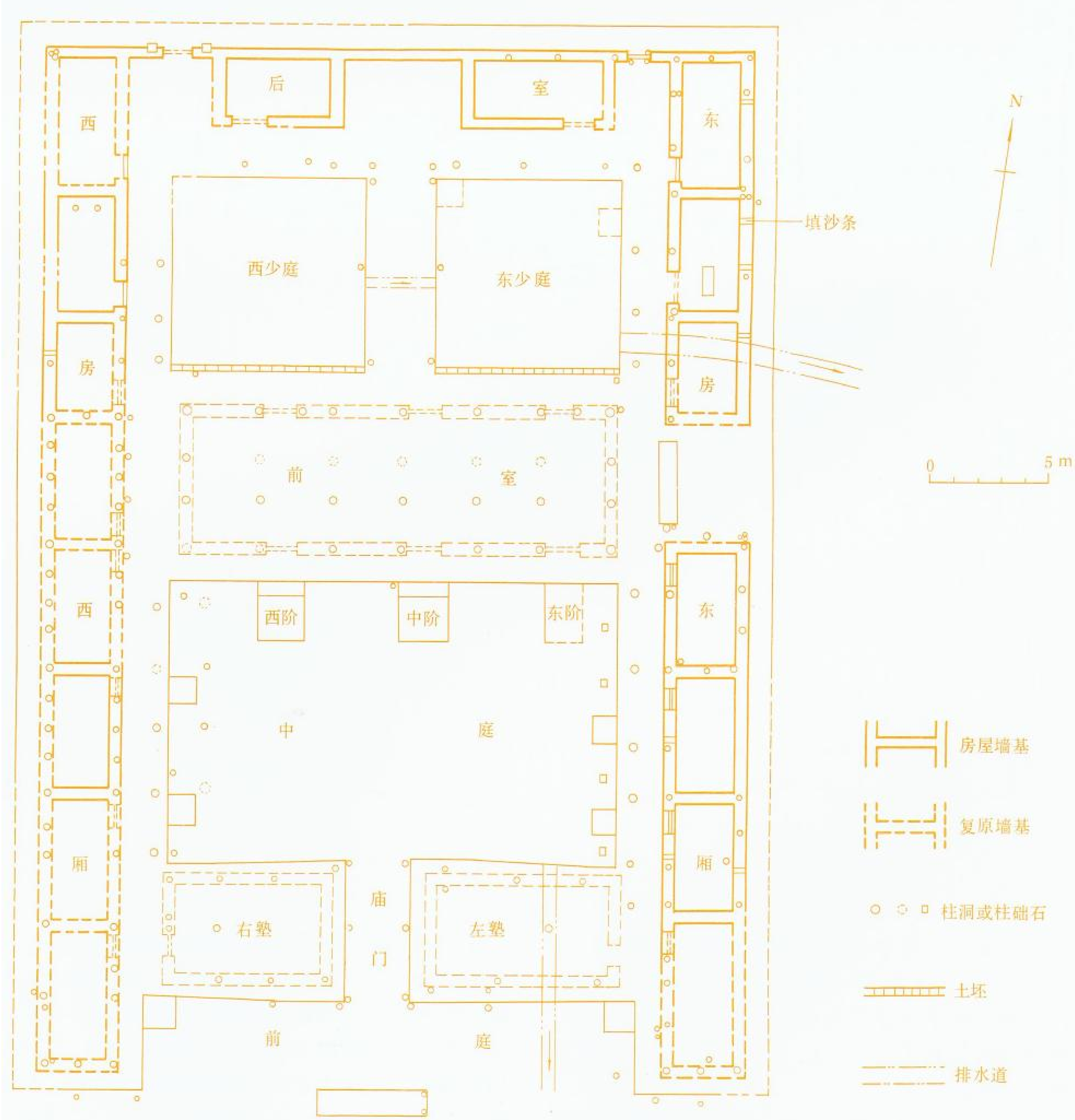


图2-3-4　陕西岐山凤雏宫室（宗庙）遗址平面图

1）岐山凤雏和扶风召陈西周建筑遗址材料，是陕西省周原考古队提供的。发掘工作正在进行。

18米，宽1.4米，大约三级，通过它可以进入东西门房和东西厢房的走廊。前庭是一个南北12米，东西19米的大院，院内地面平坦，略向东南倾斜，院子东西两边各有二个台阶，约三级，分别通往东西厢迴廊，北边有三个台阶，正对大殿门，均为斜坡形。

大殿是这组建筑的主体，面积最大，地面已遭破坏，大殿的立柱南北四排，东西七列，排列整齐，相互对应，是一座面阔六间、进深三间的大型建筑，每间面宽3米，进深6米。

大殿的北面为后庭，分东西两个小院，中有过廊，每个小院都有8米见方，过廊宽3米，两侧各有廊柱三根，距离相等。东小院东西两侧偏北和西小院东西两侧偏南的地方都有台阶，可以分别进入东西房的走廊和过廊。通过过廊进入后室。后室共五间，东西并列，进深2.4米，中间三间面宽4.8米，两端两间面宽3.2米，北墙可能有后门，东端一间有门坎。后室前面有走廊，后室北墙厚0.75米，南墙和各房之间的隔墙厚0.58米。

东西厢房在整个建筑的两边，两厢相对，各边各八间房子，大小不一，最大的面宽5米，小的面宽3.7米，进深2.6米。两厢房子前面各有2米宽的走廊，廊柱的距离与墙柱相等，两相对应。两厢最北的二间遗址似有门的遗迹，门宽1.1米。在整个建筑的东、西、北三面外侧台基斜壁，向外倾斜成缓坡状，起着散水的作用。有的房子里边挖有窖穴和地道，尚待进一步查清。

二　高台建筑

早在原始社会晚期，为改善室内居住面的防潮卫生条件，就已发明了填土分层夯筑的方法。加大土壤密度的夯土，不仅提高了耐压的能力，而且具有一定的防潮性能，“室高足以辟润湿”[1]。进入阶级社会以后，随着奴隶主阶级意识形态上的需要，其殿堂夯土台基，日益要求高大，远远超出防潮功能的需要，因而产生了高台建筑。

商周时的高台建筑有了进一步的发展，当时奴隶主贵族建筑高台作为宫殿和住宅。夏代最后一个帝王桀作“琼宫瑶台”[2]；商代殷纣王建筑鹿台，高千尺[3]；西周初文王征调奴隶在丰邑作灵台[4]。

根据目前考古发现材料来看，遗留至今的高台，已不高了。有的台基夯土厚3米左右，高出地面一般的只有1米左右，最高的约有10余米。这种大台基，盛行于商代，二里头、郑州、盘龙城、安阳殷墟、岐山周原等地都发现有这种实例。

西周，春秋时期高台建筑有一个飞跃的发展。各国诸侯动用大量的人力、物力，用几年时间为自己建造高台，成为当时宫室建筑的普遍做法，并把高台数量的多少，台基的大小和高低作为体现奴隶主权威的一种标志。各国诸侯，以高台为中心，建筑整套离宫别馆，是普遍现象。公元前556年，宋平公不顾农时，不听劝告，征调农民为自己建高台[11]。公元前534年，晋国在平公时开始建的虒祁宫，到昭公时才建成，前后用了六年时间[12]。公元前535年，楚灵王建章华台之后，只隔七年，又在乾溪筑台[13]。高台建筑便于了望，又利于防守，具有政治和军事的作用。因此，它的位置居于宫廷的中心，成为建筑群的主体，周围则配合一些较为低矮的宫室建筑。这种格局是当时流行的一种新型的宫殿形式。

侯马晋都故城（指平望故城）内的高台建筑（图2-3-5）是目前发现的春秋时代具有代表性的例子。土台位于平望故城内中部偏南，遗址保存基本完好。遗址高台可分三级(图2-3-6)，



图2-3-5　山西侯马晋都故城（平望故城）高台建筑遗址

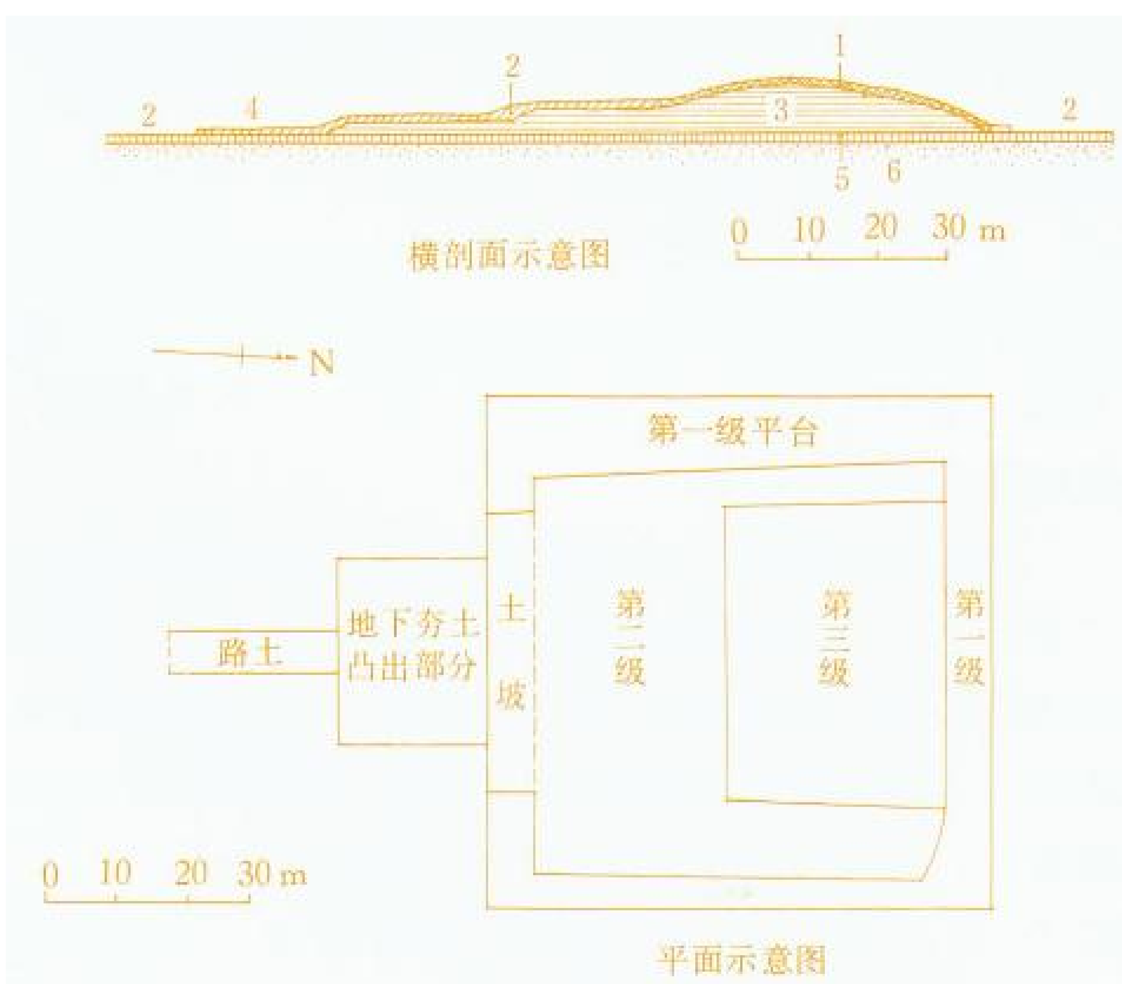


图2-3-6　山西侯马晋都故城（平望故城）高台建筑遗址示意图
1.堆积土；2.现在耕地；
3.夯土；4.路土；
5.早期耕土；6.原生土

第一级是长宽各75米的方形平面，在它的南部正中有向南凸出的夯土痕迹，宽约30米，长20余米，在这个凸出部分的正南又有宽约6米，长约20米的路土，延展向南，越南越低。凸出部分可能是台前的延伸部分和台阶。第二级高4米，南部边沿的正中间呈坡形。第三级最高，位于第二级的北半部，南北宽35米，东西长45米。整个高台是用土夯筑而成的，现存夯土高7米多，夯土坚硬，土质很纯，北陡南缓。在第二级边沿上发现有经过金属加工痕迹的柱础石残块。台的南面两侧还探出一部分夯土建筑遗迹，左右接近对称，整个布局以高台为中心，气势宏伟，战国时期燕下都的老姆台，秦统一前后修建的咸阳宫殿和阿房宫，西汉长安城未央宫的前殿等高台建筑，其形体和格局基本上沿用平望高台的建筑。

三　建筑技术

(一)建筑基址的抄平定向

在商代宫殿建筑中有一个值得注意的现象。二里头、盘龙城、岐山周原等殿堂基址平面，基本处于同一水平，从文献记载来看，当时在建筑技术上已掌握测定水平的方法[5]，另一现象是每一建筑群中各个单体建筑之间，方向基本一致，盘龙城遗址的宫殿、古城和墓葬的方向一致，都北偏东20°。殷代晚期，已经发现的房屋，都是接近正南北和正东西排列。据此推测，当时已经有了定向的方法。可能采用的是日影定向。

(二)建筑地段的平整和基础工程

地段的平整是建筑工程的第一道程序。根据各地发掘的资料看，无论是城墙或宫殿，夯土基址夯筑前，都要平整原来的地面，然后挖基填土逐层夯打。

二里头宫殿基址是在整治地基时，把台下面的灰土和虚土挖掉，露出原生土，挖掉虚土和灰土以后，地面高低不平，夯筑时先夯低洼地段，垫平地面。再夯筑中部殿堂的基座，然后再在它的周围全部施夯，筑成整个台基。由于建筑要求不同，基础处理也不同。殿堂的基础比周围挖得深，灰土和虚土挖得净，夯打得也比较坚实，现存夯土厚3.1米，在它的底部还铺垫三层鹅卵石，用以加固基址。台基的夯层4.5厘米，夯窝清晰，呈半圆球状，直径3—5厘米。

郑州的宫殿基础也是挖一个长方形的大槽，然后在房基槽内，普遍填土夯筑成夯土台基。盘龙城是先铲去高的地方，填平低洼地，然后夯筑台基，小屯殷墟宫殿基址的建造也是这样，即在早期灰坑、旧基等遗迹较多的地段是先平后建，在没有废弃旧址的地方是直接挖基夯筑。

岐山凤雏宫殿建筑基址，由于原来的地面北高南低，在夯筑台基前，先将南面垫得高一些，从而使房基地面大体保持在一个水平上。

(三)墙体构造

从各地发现的实物看，当时建筑宫殿都是在台基筑成以后，再在上面重新挖出墙基槽或柱基坑，然后铺石础立柱或筑墙，建造房屋。墙体构造可分二种：一是木骨泥墙，一是版筑或土坯墙。二里头廊庑的木骨泥墙的基槽，口部宽45—60厘米，底部宽34—50厘米，槽壁略成坡状，深40—70厘米，在基槽内立柱后，再回填土夯实。

1)《墨子·辞过》。
2)《竹书纪年》。
3)《史记·殷本纪》：纣王“厚赋税以实鹿台之钱。”集解如淳注：“《新序》云：鹿台其大三里，高千尺。”
4)《诗经·大雅·灵台》：“经始灵台，经之营之，庶民攻之，不日成之。”
5)《考工记》：“匠人建国，水地以县。”

墙体木柱在间距一米左右，排列不太整齐。殿前及廊庑檐柱的柱基坑形状不一，有方形、圆形、椭圆形、不规则形等，槽口1—2米不等，底比口小，残迹深0.5—1米。下部均垫有石础，都是没有经过加工的石料，多为不规整的方块形状，大小不一，一般长约50厘米，宽约40厘米，厚约20厘米。大柱础石铺垫一块，有的柱坑挖的过深，则铺垫3—5块础石，厚达40厘米，这是为了找平柱基的做法。立柱后，柱坑分层回填夯实。二里头遗址所见主要承重柱一般直径40厘米左右，廊庑建筑的柱子稍细，一般直径为25—30厘米，殿堂的擎檐柱最细，直径18—20厘米。盘龙城遗址各室的木骨泥墙槽宽70—80厘米，墙内每隔58—95厘米立柱一根，木柱粗细大体相等，直径在20厘米左右，外部檐柱的基坑有长方形和圆形二种（图2-3-7）。柱子比较粗大，直径45厘米左右，深埋70厘米以上。檐下位置有小柱排列支承，这是早期台基构造的一种方式。

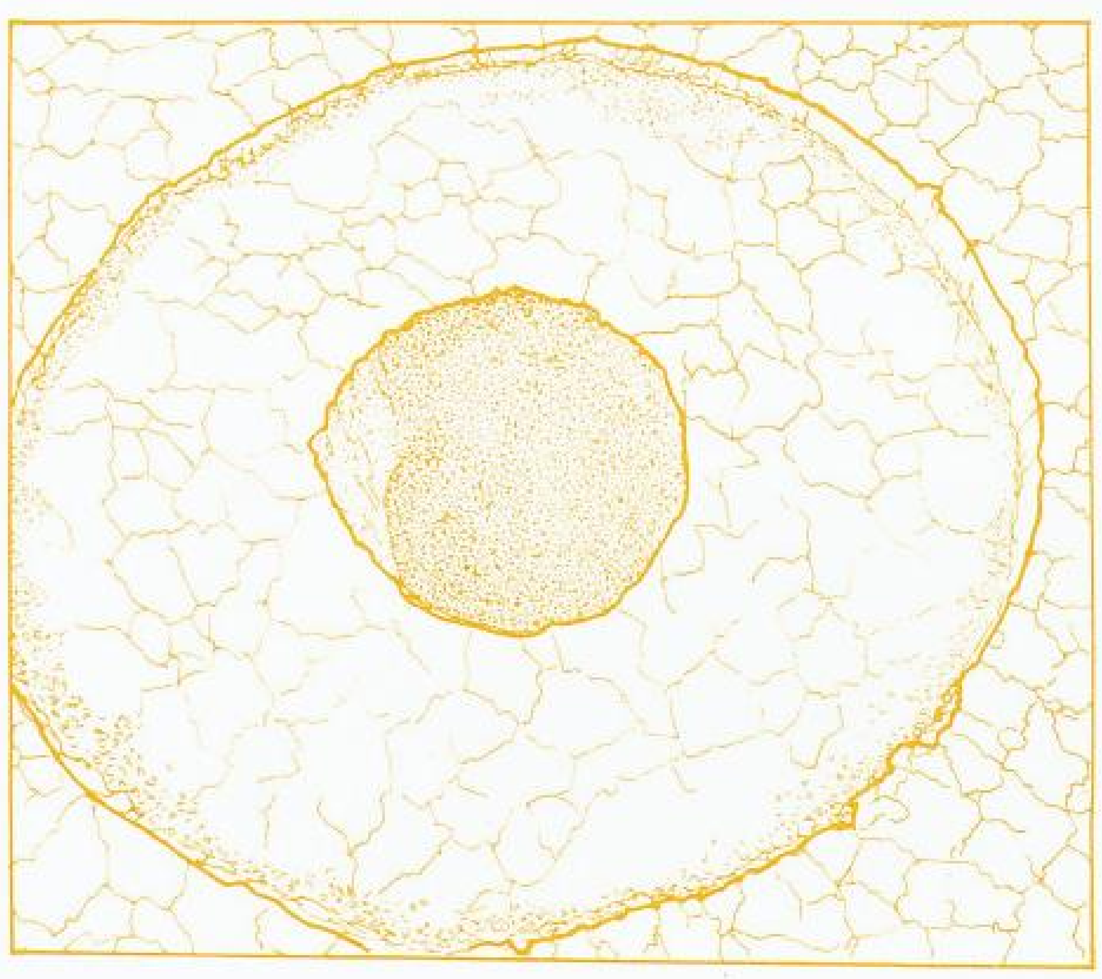


图2-3-7 （1）湖北黄坡盘龙城宫殿遗址柱坑及柱穴



图2-3-7 （2）湖北黄陂盘龙城宫殿遗址柱穴底部的暗础

郑州商城宫殿遗址的柱坑构造和二里头、盘龙城基本相同。岐山凤雏商宫里，墙基一般深45厘米，墙的厚度除了北墙较厚为75厘米外，东西二墙和各个房子的隔墙都58厘米。墙体内的立柱有二种：一种是暗柱，夹在墙内，一种是夹在墙边半面露出墙外的壁柱，这种柱较细，直径约25厘米，分布较密，排列有一定规律，间距1.8—2米。廊檐柱和殿内支柱，柱径较粗，直径30—50厘米不等，分布较疏，间距1.8—3米之间，埋得也深些，最深在1.3米以上。立柱时都是先挖出一个槽坑，底置砾石或较大石块作础，平面向上。有的则是用0.5—1厘米直径的碎石块搅拌石灰填厚15—20厘米作础的，然后立柱填土夯实（图2-3-8）。

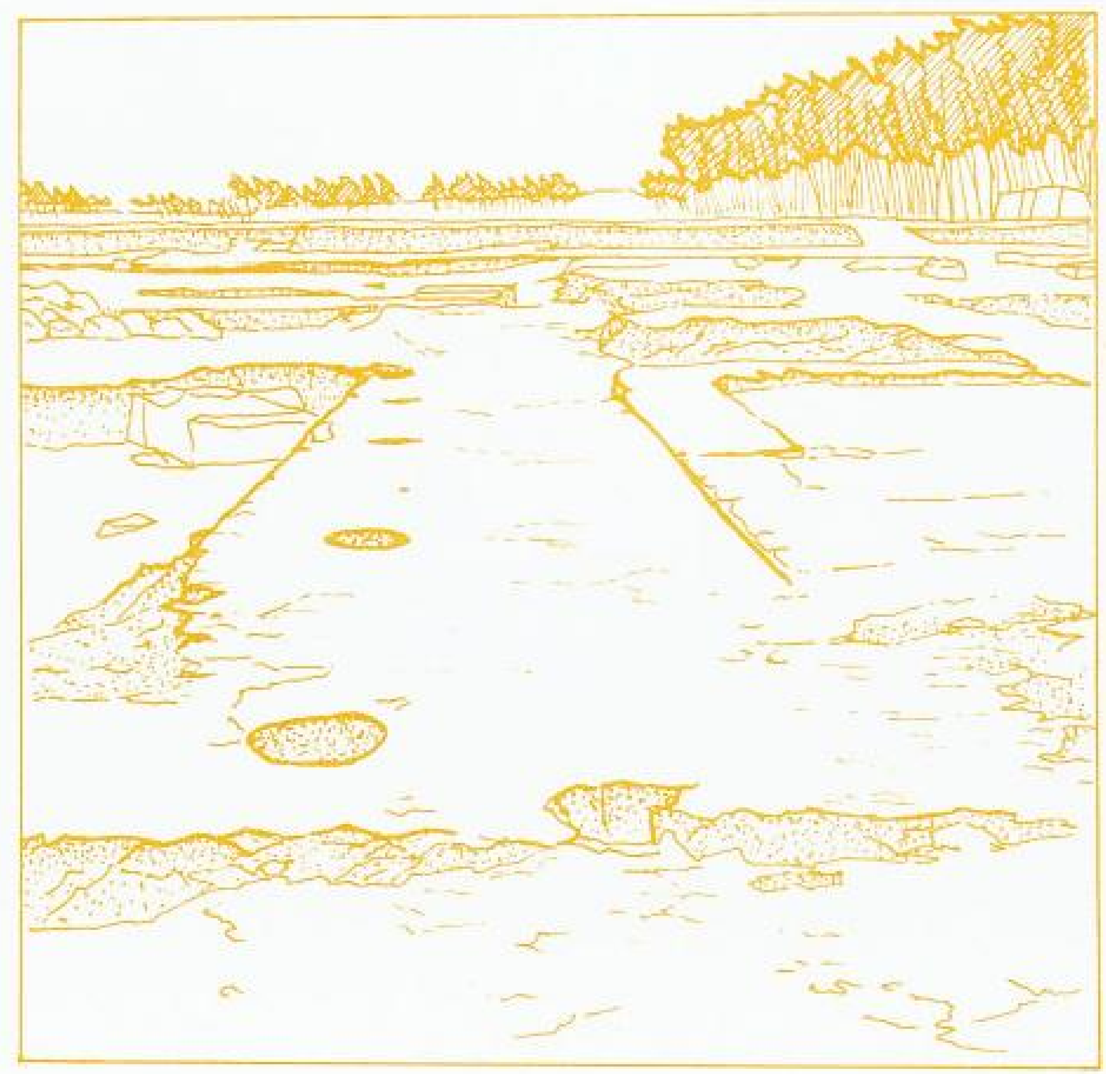


图2-3-8 陕西岐山凤雏宫室廊檐柱柱坑及墙基遗址

居住建筑用夯土筑墙的实例，见于郑州和藁城台西商代遗址，土墙两面用板夹固，然后逐层填土夯打，郑州紫荆山北一号房基，夹板长1.33米，宽0.43米，墙厚0.55—1.1米不等。藁城台西十一座房屋遗址除一座外，都是用夯土和土坯垒砌，现存土墙最高约2.5米，厚40—70厘米。板的长约0.9—2.25米，宽0.35米，用土坯砌墙，原始社会末期已有。到了商周时期，应用更广泛。各地因条件不同，土坯制作方法和大小也不同。藁城台西的土坯长37、宽30、厚6厘米，砌时用草拌泥粘合。

殷墟小屯村北10房屋发现经过夯打的土坯，有长方形、方形和拐角形，长方形最大的一块长40厘米，宽21厘米，厚12厘米。岐山凤雏宫殿遗址，后院南壁大殿台基的护坡，是用草泥土坯制成，门坎也有用土坯做的，土坯大小不一，有的长48厘米，宽17厘米，厚8厘米，或长33厘米，宽15—20厘米，厚7厘米。扶风召陈遗址也发现不少土坯碎块，估计是墙壁倒塌后遗留下来的。此外，在内蒙古宁城小榆树林子和辽宁北票丰下遗址，也发现用土坯砌墙的房子。丰下遗址土坯用草拌泥做成，长40、宽20、厚8厘米。用平铺错缝砌法，较多用“三七错缝”，即在长边1/3处压缝。

（四）木建筑

湖北圻春毛家咀遗址共发现五座西周时期的木构建筑，出土大量的木桩、木柱和木板。柱桩排列整齐，间距均匀，纵横成行。这几座房子内部桩柱的分布，有的疏密不均，有的疏密均匀。可以复原的2号房屋，长8米，宽4.7米，房内有15根木柱，纵3行，横5行，各桩柱之间间距2米左右。木柱外围用整齐的木板作墙。圻春所见西周木构建筑遗址（图2-3-9）与浙江河姆渡原始社会晚期遗址相似，也应是木构干阑式长屋。

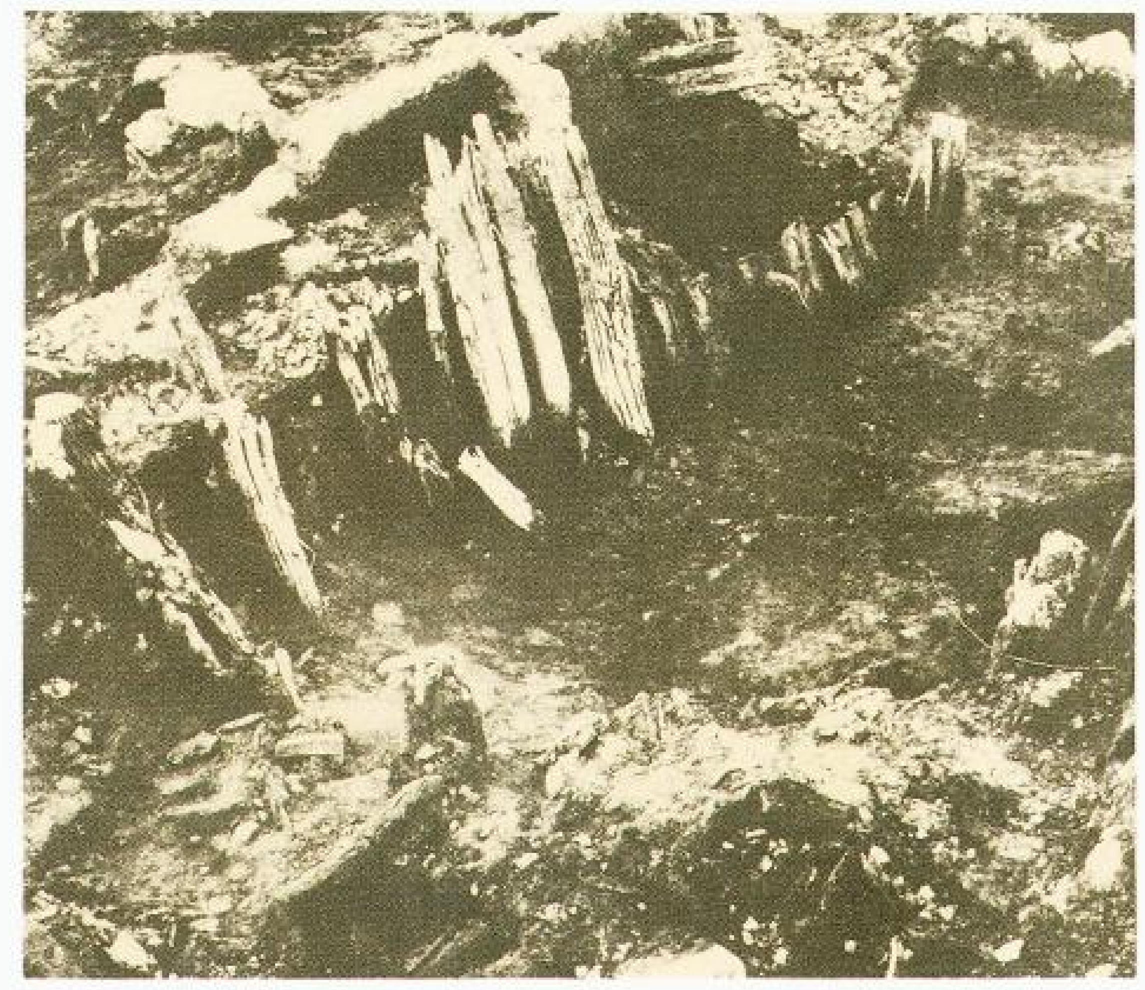


图2-3-9 湖北圻春木构建筑遗迹

（五）榫卯与斗栱

榫卯最早见于浙江河姆渡遗址。湖北圻春西周木构建筑，也发现有榫卯的建筑构件。其中在三块平行排列的木板一侧穿有木带的凹槽。这是用带穿拼接木板的最早实例。另外还发现楼梯的残迹。从带有榫卯的构件可知当时梁柱交接使用了榫卯构造。类似这样的木结构，在毛家咀附近，荆门车轿等处都有发现。

作为斗栱原始形态的栌栾，最晚在西周时期已经出现了，西周初年的“令毁”，四足做成方形短柱，柱上置栌斗，两柱之间栌斗口内施横枋，枋上置二方块，类似散斗，和栌斗一起承载上部板形的座子。这些构件的形状和组合方法与后代檐柱上的结构大体相同。斗栱是用方形木块和前后左右挑出的臂形横木互相结合而组成的一种结

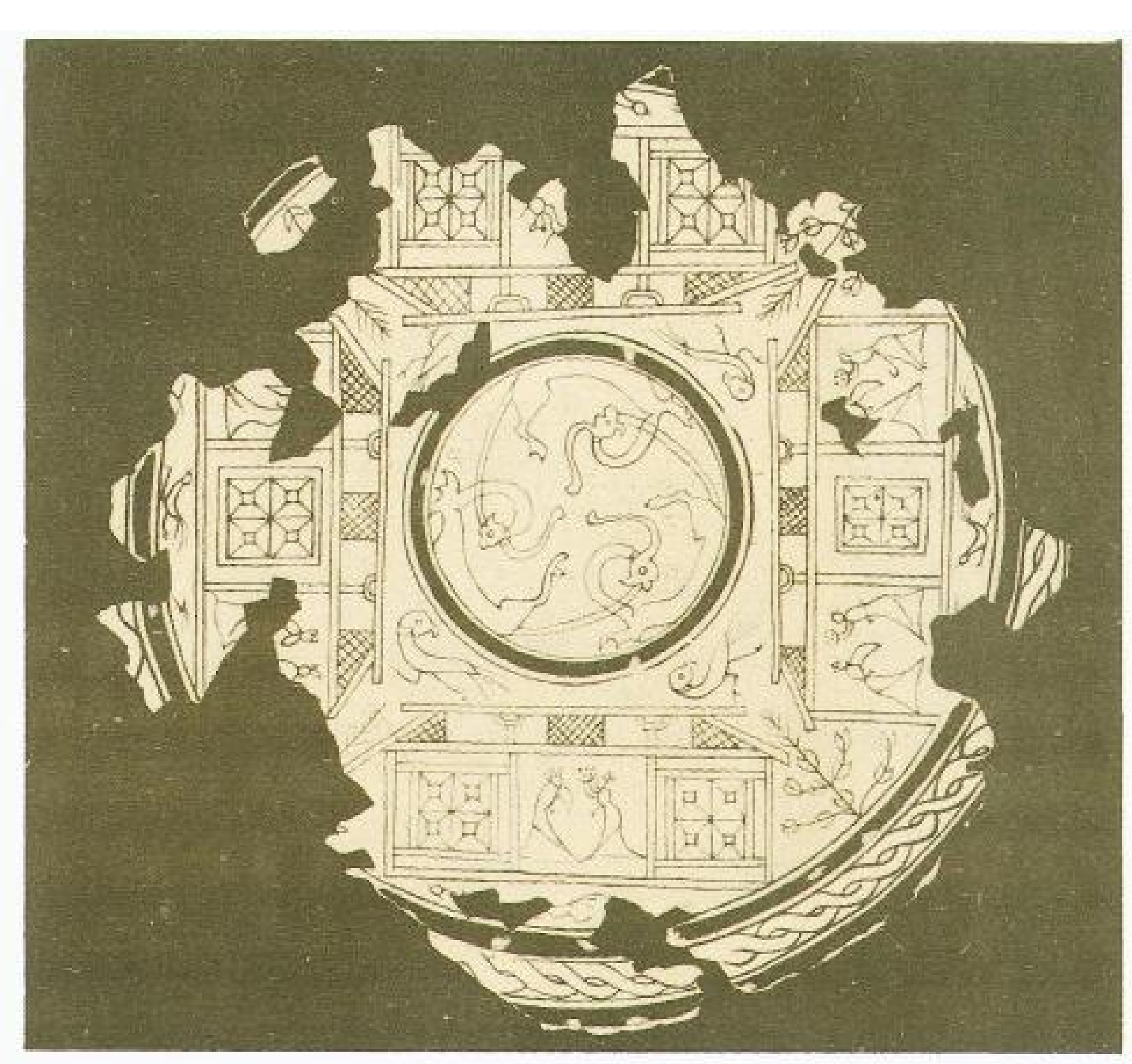


图2-3-10 山东临淄郎家园1号墓出土漆器上的带斗栱的宫室图案

构，它可传递荷载，将建筑物上部的重量平均分配在这承托的构架上，以分散横梁和立柱衔接的地方横梁所受的集中剪力，使梁木不易折损。斗栱发明后逐步成为大型建筑物所不可缺少的构件。

安阳妇好王后墓中出土"偶方彝"的年代早于"令殷"，它的盖顶下的栌斗似的结构，也是仿木斗栱结构的形象。此外在山东临淄郎家庄一号东周墓（时代可能为春秋战国之交）出土的一件漆器图案上，也看到斗栱的形象（图 2－3－10）。

（六）屋　盖

各处宫室遗址的发掘和有关文献的记载，为我们研究当时的屋盖提供了依据。

《考工记》记载商代的宫室是"四阿重屋"。四阿即为四坡顶。甲骨文有"𠆢"重屋或楼阁的文字，传世的商代铜器象形文字有介，斧 等，显然是重檐建筑物的形象。

上述安阳妇好王后墓"偶方彝"，它的盖就是一座完整的屋顶外貌；为四面坡式，半圆形的木檐端部外露，排列有序，这为商代四阿屋盖形象提供了一个证明。

从岐山凤雏遗址的堆积物中可以推测其屋面构造，是在屋椽上铺芦苇，再用麦秸搅拌的草泥涂抹，厚 7—8 厘米，草泥的表面上又抹上一层用细砂、石灰和黄土搅拌的"三合土"做成面层。屋脊和屋檐处再用瓦覆盖，以防止雨水的冲刷和渗漏（图 2－3－11）。

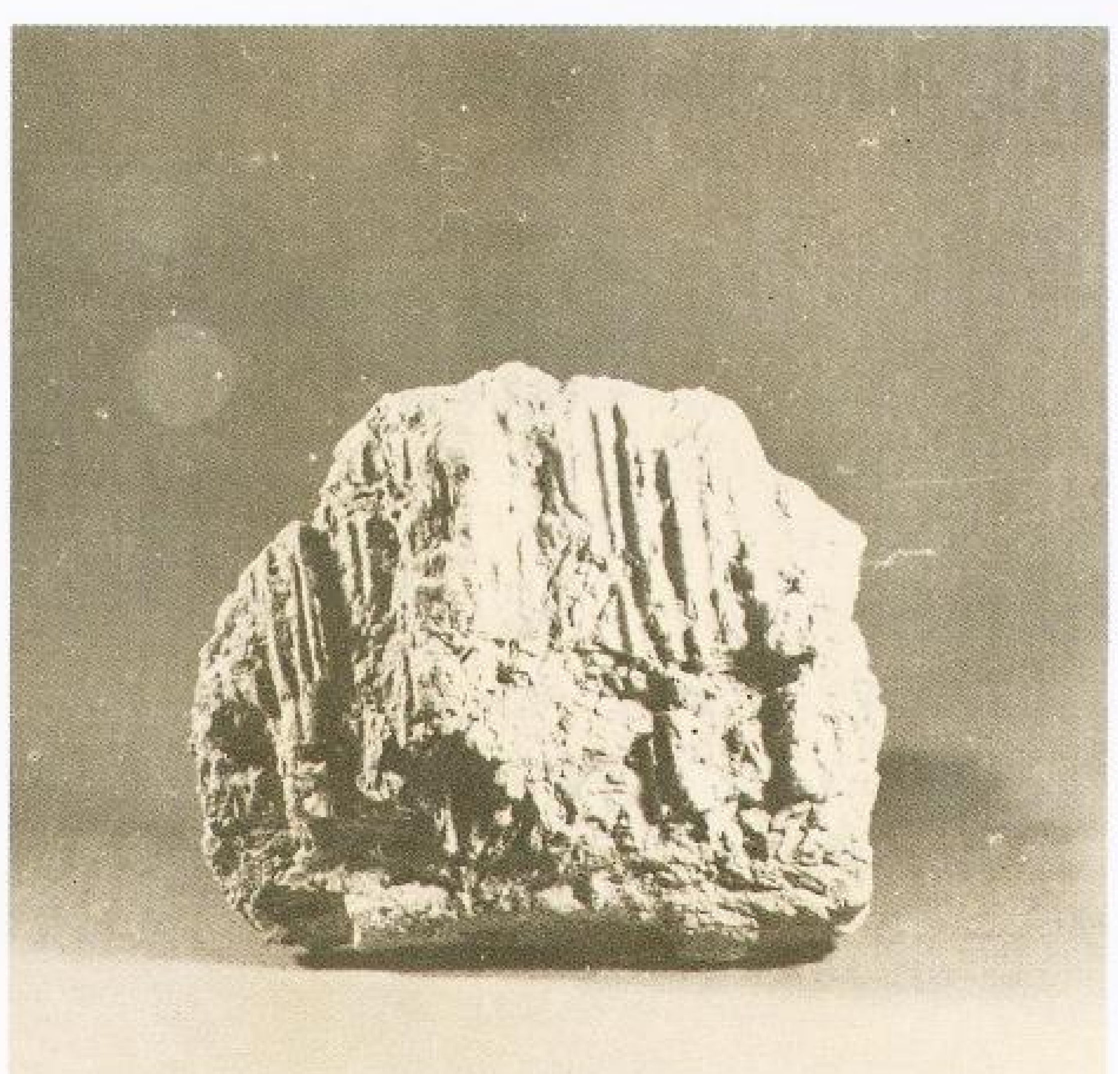


图2－3－11　陕西岐山凤雏宫室遗址屋顶带芦苇印痕的三合土泥皮

（七）墙面和地面做法

从郑州、安阳、藁城、周原等地考古发掘来看，商周时期的地面做法，宫殿遗址或中小型房屋遗址，一种是白灰抹面，一种是三合土抹面，还有用细黄泥墁地的，此外也发现过烧烤地面的做法。

墙面多用草拌泥，三合土或白灰涂抹，周原凤雏宫殿遗址的影壁两面即采用三合土抹面。

郑州商代房屋遗址的房屋遗迹中，往往见到室内留有土台，土台上也抹有光净的白灰面，土台往往靠近房子的一角或紧依土壁。又有在室内土壁上开挖壁龛的，壁龛的底面也敷有白灰面。这种土台和壁龛显然是居室内置物之处。

（八）排水设施

在二里头，郑州洛达庙、殷墟等地宫室附近发现有陶水管（图 2－3－12）。安阳白家坟村附近发现两道水管，管道上部及附近有夯土及柱洞的遗迹。水管深埋在地面下，约 1.1 米。其中一道，东西南北对接呈丁字形排列。南北向一段残长 7.9 米，有 17 节陶水管，东西一段残长 4.6 米，有 11 节陶水管。南北向与东西向由一个三通管连接。水管排列整齐。东西向的西高东低，比



图2－3－12　河南偃师二里头陶水管

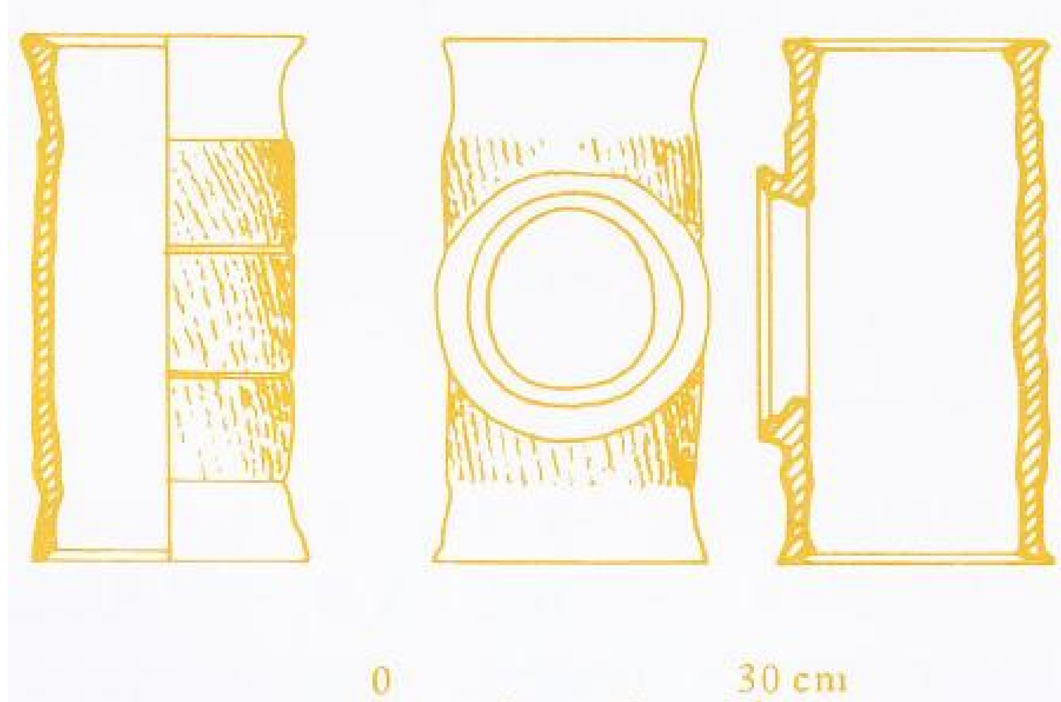


图2－3－13　河南安阳陶水管及三通陶水管

降约 1 ： 9。从管道本身的排列及有关迹象看来，它应是房子的排水设施（图 2－3－13）。

岐山凤雏遗址，前庭的雨水排放，是穿过东门房台阶下铺设的一条南北走向陶水管，共六节，全长 6 米（图 2－3－14），其做法是先在台基上挖一条宽 0.6 米，深 0.9 米的沟槽，再把水管放入，一节一节的连接起来，小头套入大头，然后填土夯实。陶水管南端与卵石砌成的 5.5 米长的水道相连，前庭的雨水通过这条水管排出院外。后院中间过廊和厢房（由北向南第三间）下面有东西走向的排水道一条，这是一条排水暗沟，沟壁用卵石砌成，上面铺木棍盖顶，再填土夯实。西小院水通过暗沟流向东小院，再通过东厢房下面的暗沟流出院外。

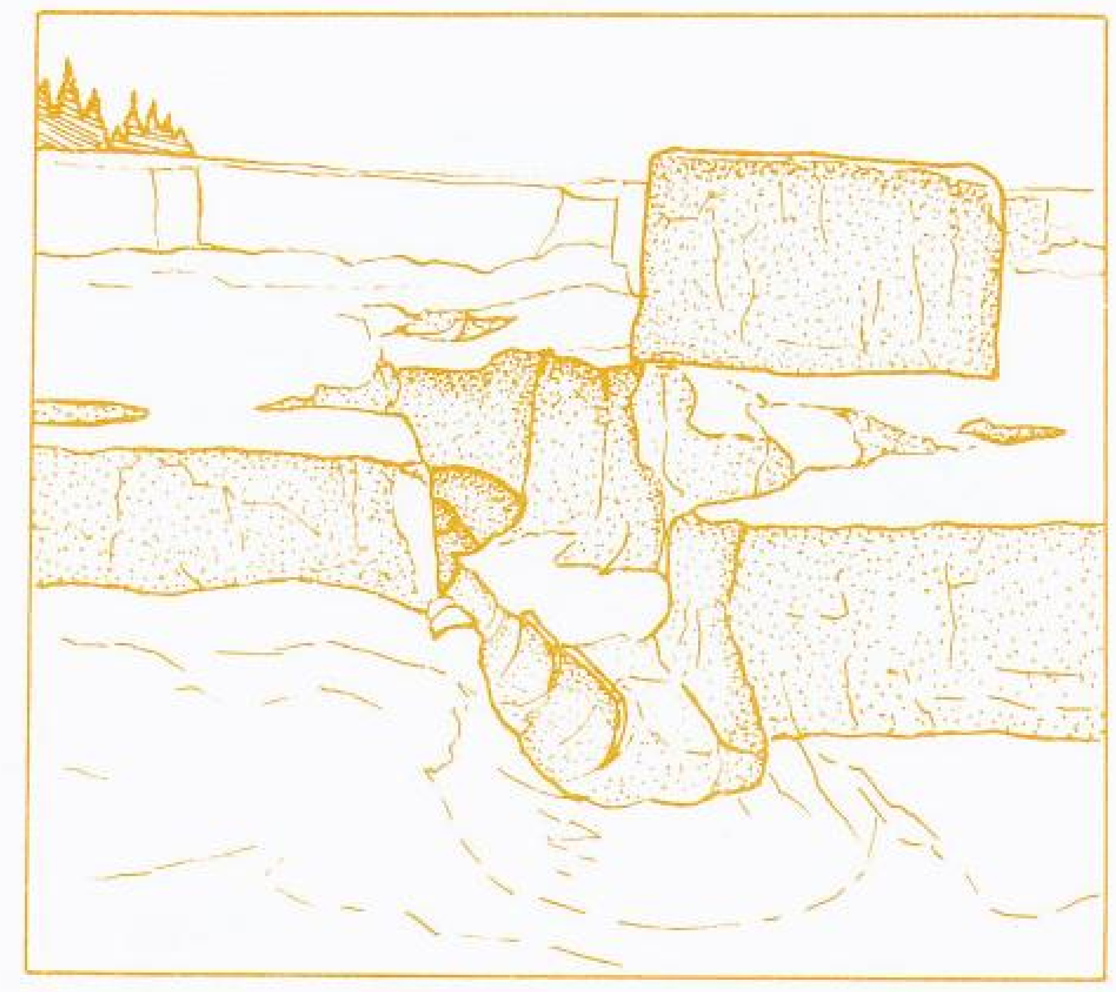


图2－3－14　陕西岐山凤雏宫室遗址排水管道遗迹

四　建筑装饰

在建筑装饰方面，商周时期已经开始向多样化发展。根据文献和考古材料，已有彩饰、雕饰及金属饰件等。当然这些装饰只有统治阶级的建筑才能使用。

（一）彩　饰

建筑上的彩画，至迟在商代就已发现，安阳小屯一个磨制玉石器的场所，发现一块在白灰面上绘有彩画的墙皮。残长 22 厘米，宽 13 厘米，厚 7 厘米。墙皮上绘有红色花纹和黑圆点（图 2－3－15）。纹饰似由对称图案组成，线条较粗，转角圆钝，应是主题中的辅助花纹。这一发现证实了商代建筑已出现壁画的记载。藁城出土的商代漆器，可以作为殷商建筑彩绘装饰的旁证（图 2－3－16）。

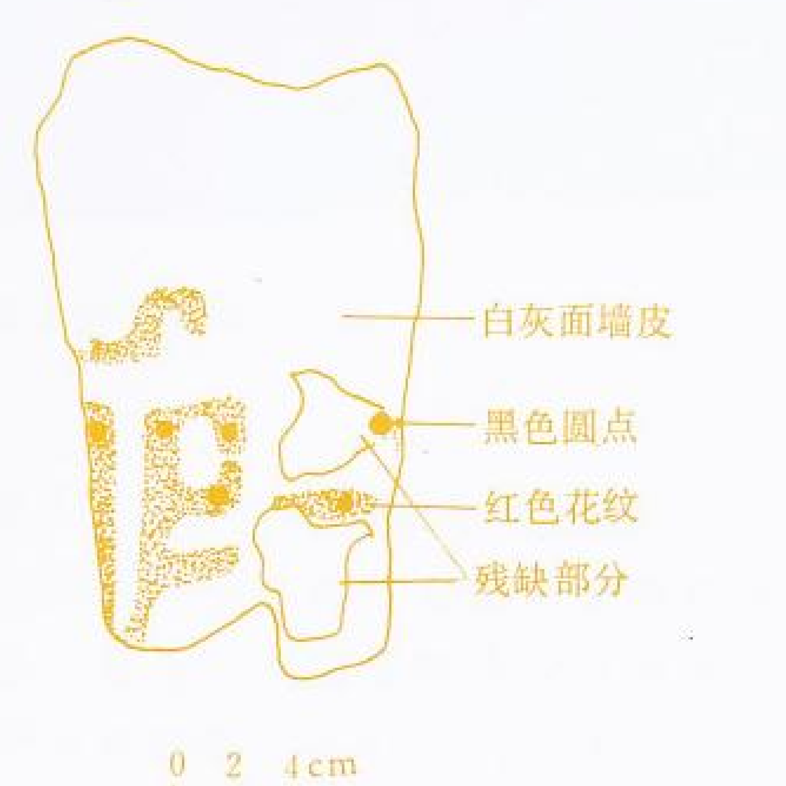


图2－3－15　河南安阳小屯出土壁画残片

春秋时期彩绘装饰有进一步发展。不仅宫室的柱头栌柱上绘山纹、梁上短柱绘藻纹[1]，而且墙上也加彩绘，例如《楚词・天问》所记屈原见楚先王庙及公卿祠堂壁上的绘画。当时用于彩绘的颜色有朱红、黑、青、淡绿、灰白和黄色等。

（二）雕　饰

建筑上的木雕，主要是指梁柱或门窗上的雕

1）《论语・公冶长》："山节藻棁"。



图2-3-16 （1）河北藁城出土商代彩色漆器残片之一



图2-3-16 （2）河北藁城出土商代彩色漆器残片之二



图2-3-17 湖北黄陂盘龙城商墓出土彩雕椁版残片

刻。史书记载殷纣王筑鹿台已是“雕琢刻镂”[14]。在盘龙城和殷墟墓葬中都发现了木椁上的彩雕。盘龙城雕花皆阴刻饕餮纹和云雷纹，每二组图案间的阴线涂朱，阳面涂黑。饕餮纹作牛头形，可作佐证（图 2－3－17）。

春秋时期，建筑上雕饰更为普遍，《左传》庄公二十四年（公元前 670 年）“春，王三月，刻桓宫桷”[15]。宣公二年（晋灵公十四年公元前 607 年）“晋灵公不君厚敛以雕墙”[16]。至于安阳侯家庄出土的石虎、石枭、石蟾等白玉石雕刻，有的可能是柱脚旁的装饰物或门砧石，此可充分表现商代晚期石刻技术的水平。

(三)金属饰件

建筑上使用金属饰件可能在商代已开始，凤翔发现的春秋时秦国的青铜饰件，其中大型的应为壁柱、壁带上的装饰，小型的如后世的看叶，大概是用于门窗上，反映春秋时期用金属装饰构件更为广泛（图 2－3－18）。

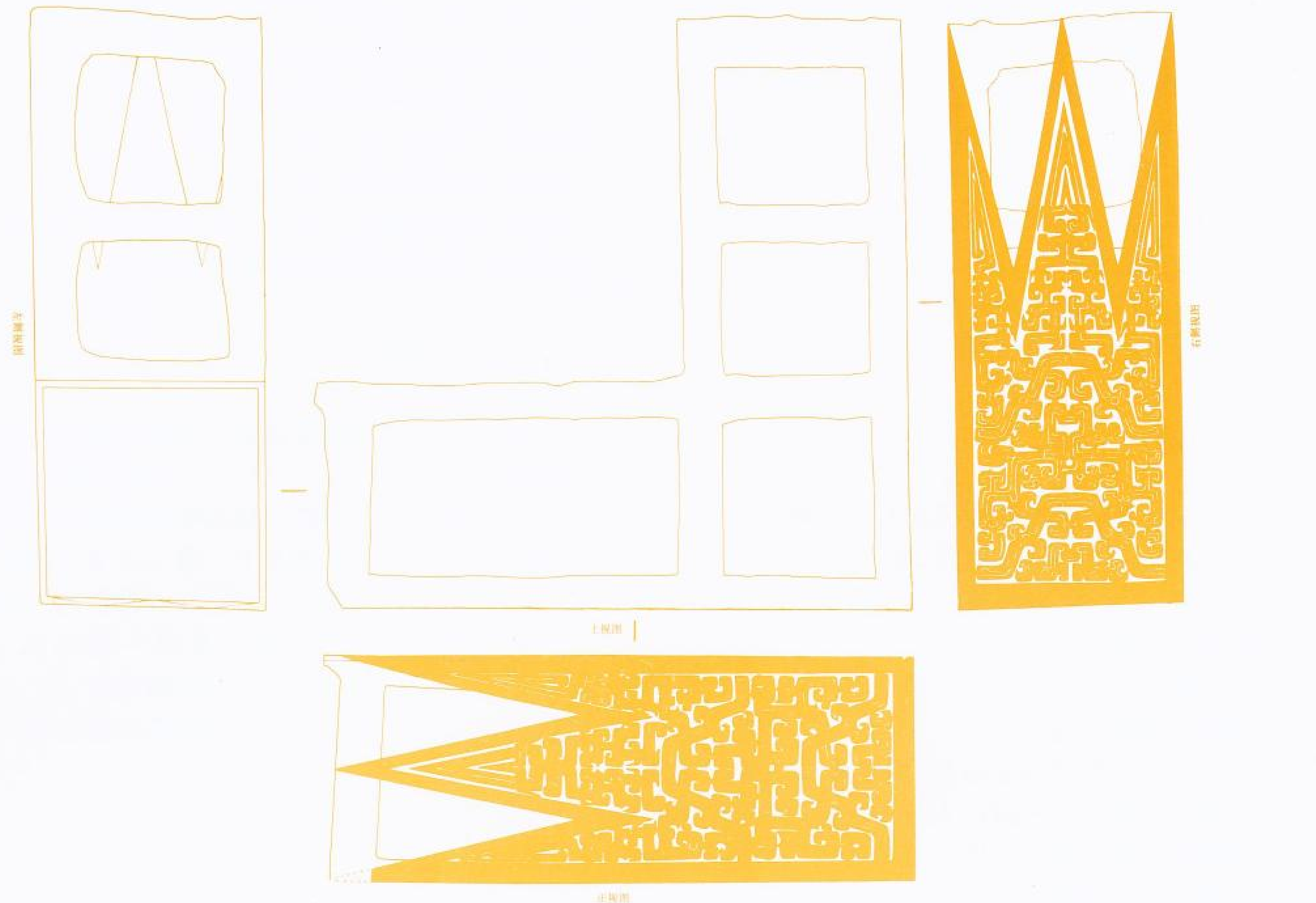


图2-3-18 陕西凤翔出土春秋秦国青铜构件
（1）阳角双面蟠虺纹曲尺形构件；

铜饰件的应用对后期宫殿、寺院等高级建筑在木构装饰上有很大的影响。后期的彩画，色彩浓重，花纹突出的部位多设在构件交接处，明显地保持了这种金属饰件的意味。同时这种小型金饰，也正是后来门窗隔扇看叶的原型。

(四)屋瓦装饰

在屋顶上利用瓦件起装饰作用，是我国建筑的一个突出特征，它大概始于西周。扶风发现的一种面带绳纹为地的黼黻纹，头带半瓦当的小筒瓦。客省庄发现的人字形瓦，凤翔发现的葵花瓦当、绳纹半瓦当以及兽面纹贴面砖等，利用瓦件达到实用与装饰的有机结合，成为我国建筑的优良传统（图 2－3－19）。

第四节 建筑工具与材料

新生产工具的出现，是生产力发展的重要标志；建筑材料的进步，反映建筑技术的水平。我国奴隶社会时期，由石器过渡到金属工具，由天然材料发展到人造材料，标志建筑技术的划时代飞跃。

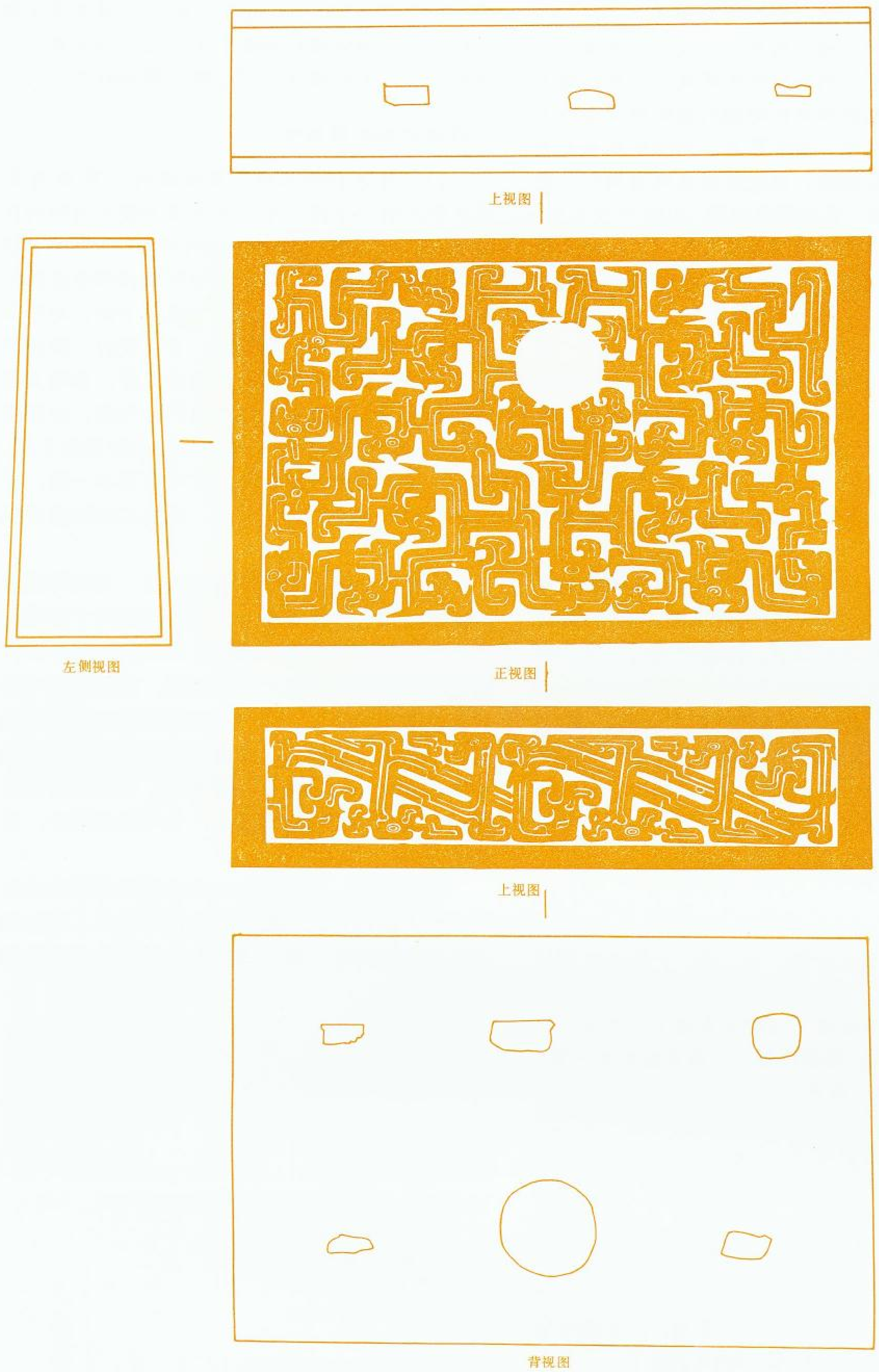
一 工具的发展

我国历史上生产工具的发展，经历了三个阶段：即石器、铜器和铁器。

我国青铜时代，与我国奴隶社会的发生、发展和瓦解相始终，略当历史上夏、商、周时期。青铜时代的特征首先是青铜工具的生产，青铜工具的出现推动了当时农业和手工业的进步，对建筑技术的发展，也起巨大的促进作用。

我国奴隶社会时期，青铜工具虽然没有完全代替石器，但数量、器型日益增多。青铜工具的出现最晚在夏代。目前发现的最早的材料是山西夏县东下冯的铜䦆石范。商周时期遗址里青铜工具出土的数量不多，多数是石质工具。二里头遗址已有铸铜作坊的遗址和冶炼用的陶锅、陶范等遗物，并出土少量的青铜工具。郑州商城外的两处青铜铸造作坊里已有明显的分工，城南一处，以铸造铜䦆为主，城北一处以铸造刀和箭为主，说明青铜工具的应用有较大的发展，生产有了分工。解放后在安阳殷墟发现大量青铜工具。仅妇好王后墓即出土 44 件。传世青铜工具，多出于殷墟。盘龙城出土的青铜工具（图 2－4－1），及安阳大司空村出土的青铜铲（图 2－4－2），都可用于建筑的生产。到了春秋时期，青铜工具的生产规模更大，专业分工更细，生产数量远远超过奴隶主自身的需要。侯马“牛村古城”南铸铜遗址，范围大，分工明显，有的出土带钩范，有的出土钟鼎范，有的出土工具范。其中工具范出土一万二千块，估计可合成近四千件器具。工具范大多数是锛、䦆，均可多次使用，可见当时青铜工具的使用已经相当普遍。

到了春秋晚期，在农业和手工业生产中开始使用铁制生产工具。在长江流域和黄河中游都发现一些铁器，其中包括凹形锄、削等，这些铁器多数是一些小型的农具和工具，形制已比较成熟。铁器的出现是人类社会生产力的大变革之一。



（2）双面蟠螭楔形中空构件

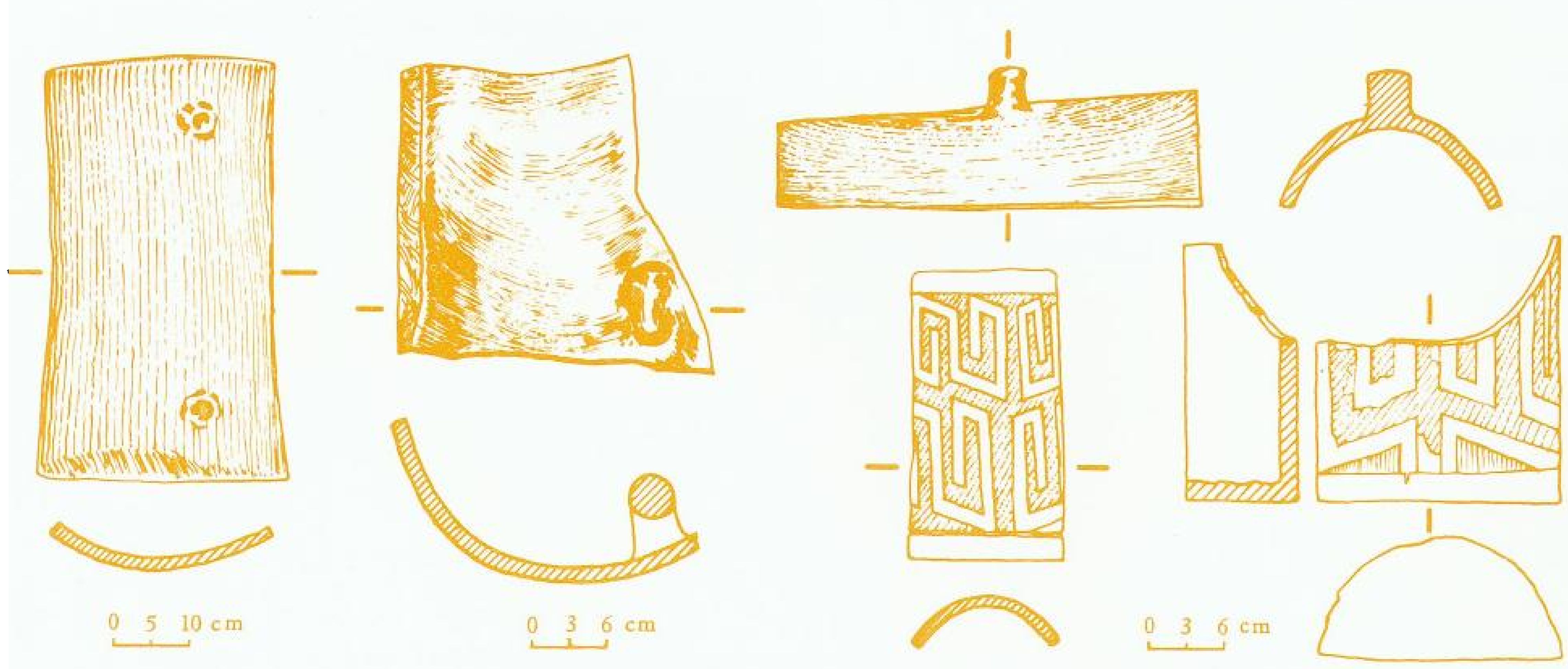


图2-3-19　陕西周原出土西周屋瓦

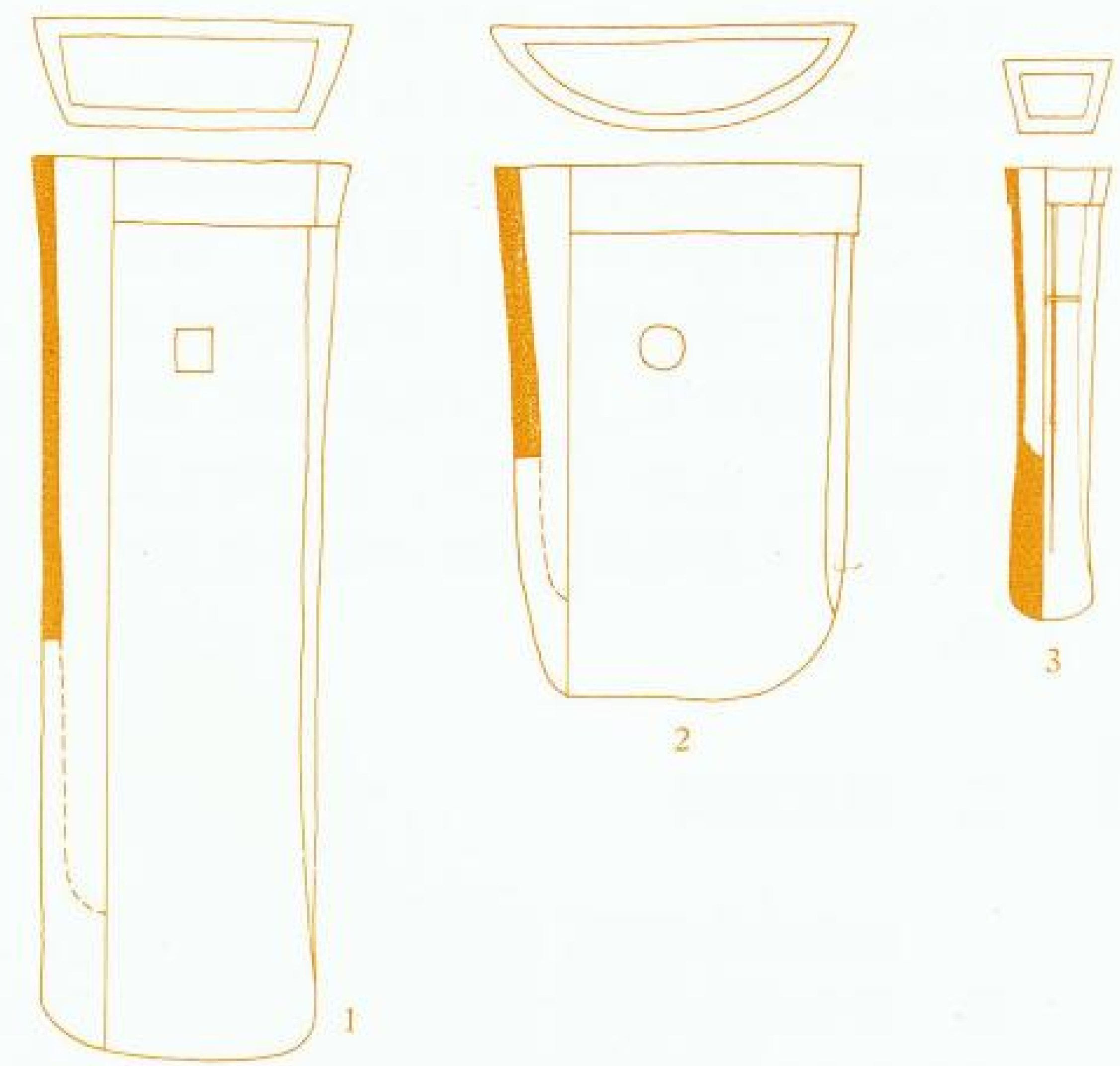


图2-4-1　湖北黄陂盘龙城出土青铜工具图
1.铜斨、2.铜臿；3.铜凿



图2-4-2　河南安阳大司空村出土铜铲

古代工具的用途，虽因形制的不同而有所差异，但并没有绝对的界限。有些工具，既是工具又是武器；既用于砍伐也用于挖土。各地商周时期的遗址和墓葬发现不少青铜工具，其属于建筑方面的可分为下列几种：镬、锛、斧——这三种工具形制近似，出土数量最多，有单斜面或双斜面，都是长方銎，銎接方木，木上安柄。柄向与刃垂直成十字形，长大而厚钝者为镬，用于挖土。单面刃为锛，用于平木。这二种工具大多可以通用。在商周时期的房屋、窖穴、井或墓葬遗迹壁面上常常可以看到用这种工具掘土的痕迹，在侯马所见的痕迹，下半截保存的斜长 7 — 8 厘米，实际掘土的深度要比这长，刃宽 4 厘米左右，可见这种工具锐利。斧的柄与刃的方向一致，用于砍木，一般较小。斧还有一种薄片形，无方銎，柄夹于斧腰部。铲——主要用于农业生产，属于挖土起土的工具。臿——凹字形（圻春出土），回形（盘龙城出土），为挖土、起土工具；盘龙城所见的臿，形体大。凿——穿孔用具，单斜面刃或双面刃，刃宽 1.4 厘米左右，上半中空成銎，安装木柄，安阳大司空村和北京昌平、白浮等地发现有木柄遗迹，形状和大小，因功用不同而略有差异，基本与近代凿相似，截面成梯形，用于竹木加工。自商到战国末均有发现，数量仅次于锛、镬。钻——穿圆孔用，数量发现不多。锯——

是剖截竹、木、骨、角材料的工具，齿密而直。铜锯殷代已有，1959年安阳殷墟发现一段。黄陂盘龙城、历城大辛庄等商代遗址均有发现。刀、削——用以削竹木。出土数量多，形制小，有直刃和弧刃二种。刻镂刀，可雕刻竹、木器，形式与近代的刻字刀、雕花刀基本相同，郑州、安阳，均有出土。此外，石工具，经过加工的石制斧、锛、凿，在各地商周遗址中数量仍占相当大的比例。

二 建筑材料

奴隶社会时期，建筑材料主要是使用土、木、砂、石等天然材料。随着生产力的发展和营造技术的提高，在奴隶主宫室建筑工程中，开始使用一些人工材料，如陶质材料和青铜材料。

(一)陶质建筑材料

1.瓦

瓦和陶水道管的发明和使用，是在制陶工业进一步发展的条件下对建筑材料的一个重大改革。瓦的使用，解决了屋顶的防水问题，延长了房屋的使用年限，人们居住也较舒适。建筑上用瓦，文献记载始于夏代[1)]，目前最早见于岐山凤雏西周早期遗址。瓦的数量还不太多，大概只用于屋脊或屋檐上。瓦型无筒瓦板瓦的区别。瓦的仰面或俯面，却有区别，两面分别设有陶钉或陶环。瓦宽约30厘米，长度不详，全为泥条盘筑，背面饰绳纹，青灰色，陶质较脆，显得比较原始。到了西周晚期，瓦的使用扩大了。扶风召陈西周晚期遗址，三个房屋周围都有大量的瓦片堆积，瓦的种类达十几种之多，大小、形制、纹饰各不相同；有板瓦，也有筒瓦。板瓦的尺度很大，宽约30厘米左右。早期带有钉环的瓦，其制作可能是用泥条盘筑成圆筒，然后切开，做成筒瓦。瓦的背面有手指按捺的痕迹，不太平整，瓦壁厚薄不均匀，瓦钉和瓦环是用泥条另外附贴在瓦坯上的，瓦的正面饰绳纹。另外有一种面饰绳纹充地黼黻纹小筒瓦和头带素面半瓦当，制作细致。此外，在客省庄等西周晚期遗址，也发现了瓦件。这些瓦都是制成青灰色，火候较高。这种青瓦生产技术一直被保留下来，成为我国烧陶工业的一个传统。西周时期建筑上用瓦大概都是属于上层奴隶主贵族的房屋，当时一般民居遗址里都还没有发现有瓦的遗存，只是到了春秋以后才开始普遍起来。

春秋时期瓦不但有实用价值，而且越来越显现出装饰的作用，这时期瓦的品种增多了，纹饰也十分新颖而带有地区的特点，侯马晋都遗址，洛阳东周古城址，陕西凤翔秦雍城，山东临淄齐故城，江陵楚郢都等春秋时期的遗址都发现有大量的板瓦、筒瓦和一部分瓦当。这些瓦都是泥质灰陶，陶土未经淘洗。先把泥条筑成圆筒形，表面拍印交错绳纹，里面用手按捏，粗糙凹凸不平，胎厚而不平整，筒瓦前端有突出的唇舌，接近后端背上有穿瓦钉圆孔。多由外而内切割。早期一般火候都较低，陶色不纯。板瓦是由一个直径32或44厘米的坯角切成四块，长30—35厘米，宽22—31厘米，筒瓦长32—46厘米，径14—16厘米，厚1厘米。瓦当是先用印模印成圆饼形，附在瓦筒一端，再和筒瓦一起切开，即所谓半瓦当，多素面。各地方出土的瓦大小不尽一致，但形制和制法基本相同。绝大部分为青灰，个别地方有少数红瓦。

在凤翔秦雍城遗址附近，还发现有绳纹半瓦当，变形葵纹瓦当和一种兽面纹"贴面砖"。绳纹半瓦当中心为素面半圆饼，外饰一周绳纹和一周素面宽带纹。变形葵纹瓦当中心为素面圆饼，内圈葵纹成四个齿轮，外圈葵纹变成云纹。"贴面砖"平面呈半圆形，宽23、高11、厚1.1厘米。类似的纹饰也见于鲁国春秋的半瓦当上。瓦的出现一开始就是质量较高的青瓦，以后一直保持着这一传统，没有经过红瓦的发展阶段。

2.陶制水管

商周时期陶制水管，有三种：一种是承插口的，两端粗细不一，铺设时，细的一端套入粗的一端内，作承插衔接。这种水管见于二里头，郑州洛达庙，小屯，周原等地。二里头发现的水管，每节长42厘米，粗端口径14.4厘米，细端口径13.5厘米，陶面绳纹。周原发现的水管，大小不同，每节长77—96厘米，粗端口径23—28厘米，细端口径14—22厘米。一种是平口的，两端粗细相同，管口平齐，铺设时平口对接。这种水管见于安阳殷墟，长42厘米，直径21.3厘米，壁厚1.3厘米，周身饰绳纹及两道凹弦纹。还有一种是三通管，形制，大小与平口管相似，这种水管道的应用，说明当时管道已略成系统了。

(二)铜质材料构件

1.柱锧

青铜材料的应用，最早见于安阳小屯殷墟宫殿遗址，在石础的平面上发现有青铜铸造的铜锧。锧径约15厘米，厚约3厘米，上面平滑稍凸，下面中央微凹。铜锧与石础之间有约20厘米厚的垫土找平层。铜锧露在地面之上，柱子则直接立于铜锧之上。不作栽柱，对柱脚防腐有好处。

2.连接木构的铜构件

1973年在陕西凤翔先秦雍城内一宫殿建筑遗址附近的三个窖穴里，发现排列整齐的铜构件64件，归纳起来大体可分为内转角、外转角、尽端和中段四个类型，以及小型转角和梯形截面的构件。作为正面的一个、两个或三个面，均饰有蟠虺纹。除楔形和小拐头外，有花纹的一面的尾端都有锯齿状尾。这些锯齿均经打磨，卯眼大部有锉磨加工的痕迹。构件内有朽木残存，说明它是与木构结合使用的。虽然因为使用的部位不同，形状有异，但构件的规格，纹饰却基本一致，表明这些构件应是同时、同地、同批工匠铸造而成的。

这批构件被安装于建筑物之后，有纹饰的看面露明，其他各面看不见，从其截面尺寸来看，这批构件内空有16厘米见方，插入这些青铜构件的枋木的断面大小也应与此相同，则相应的木构并非主要承重构件。结合铜构形制及文献材料推知是板筑墙上的壁柱、壁带的装饰构件，有的是安装在一根木枋（壁带）的中段，有的是安装在横枋与墙柱相连接的节点处，曲尺形的构件，应在转角处。

总起来说，奴隶社会时期已突破氏族社会时期只用天然材料的局限，而开始采用人工制作的建筑材料和构件，其中最突出的就是陶质材料和青铜制品。

参考文献

[1]《韩非子·五蠹》。
[2]《诗经·谷风之什·北山》。
[3]《墨子·尚贤》。
[4]《论语·子张》。
[5]马克思：《经济学—哲学手稿》单行本第54页，人民出版社1956年版。
[6]《诗经·大雅·文王有声》。
[7]《尚书·召诰》。
[8]《诗经·大雅·绵》。
[9]《左传》宣公十一年。
[10]《左传》昭公三十二年。
[11]《左传》襄公十七年。
[12]《左传》昭公八年。
[13]章华台，见《左传》昭公七年；又，《国语·楚语》乾溪台，见《公羊传》昭公十三年。
[14]《说苑·反质》引《墨子》。
[15]《左传》庄公十四年。
[16]《左传》宣公二年。

1)《史记·龟策列传》："桀为瓦室"。

第三章　封建社会时期建筑技术的发展概论

（公元前475年至公元1840年）

我国古代建筑技术的发展，经历了原始社会、奴隶社会和封建社会时期，在各个时期又有着不同的发展阶段。通过考古发掘和清理建筑遗址，证明迄今至少已有七千年的历史。

古代建筑，尤其是以木结构为主体的建筑，由于年代久远，容易遭受破坏。这种破坏，一方面是自然的原因，即漫长岁月的风雨剥蚀或雷火的焚毁；另一方面是社会的原因，主要是历次的战争以及皇室和寺院势力间矛盾而引起的灭法事件，使建筑大量被摧毁和拆除，因而早期的木构建筑能完整地遗留至今的很少。留到今天的建筑实物特别是明清以前的，不过是少数或个别的例子，而且不一定是最典型的建筑物，因此它们往往不足以说明当时建筑技术发展的全貌。

除遗址和实物外，还留有一些有关建筑技术的著作。在封建社会时期，工匠大都没有文化，建筑技术主要依靠口头传授和实际操作，师徒相承。因此很少留下专门纪录。偶有一些工匠的著述，如北宋喻皓所著《木经》，也久已失传。唯有明《鲁班营造正式》是一本难得的民间木工专书。我国古代建筑技术具有丰富的传统，而建筑技术的著作却寥若晨星。得以流传至今的几本建筑技术的著作，有《考工记》、宋《营造法式》、清工部《工程做法》等，这些都是官书。

根据遗址、实物和著作，加上散见于古籍中有关建筑技术的片段记述，以及考古出土的实物中所表现的建筑形象等不完全的历史资料，对于我国封建社会时期建筑的发展过程，可以勾画出一个大概的轮廓。

综观我国古代建筑技术，以版筑技术、木结构技术、砖石拱券结构技术、天然材料开采加工技术、人工材料生产技术及城市规划、建筑设计、安装及施工的发展为主要标志，曾获得辉煌的成就，积累了丰富的经验。

我国历史从春秋开始（公元前770—公元前475年）由奴隶社会转向封建社会过渡。到了战国（公元前475—公元前221年），封建社会终于代替了奴隶社会。

封建社会，从战国至清末，经历了二千三百多年的漫长岁月。这也是我国古代建筑技术集其大成的发展时期，而在这一时期，就其技术的发展演变来说，大致可以分成五个阶段即：（一）战国至西汉末（公元前475—公元25年）、（二）东汉至南北朝末（公元25—580年）、（三）隋至五代末（公元580—960年）、（四）辽、宋至元末（公元960—1368年）、（五）明至清末（公元1368—1840年）。

一

战国至西汉，由于铁工具的使用和封建统治从割据走向统一，从而创造了较高的生产力。社会的变革必然也带来了建筑技术进一步发展的需要和条件。

从文献和遗址来看，战国时代的主要建筑，仍是版筑的城垣和土木结合的高台建筑——宫殿。这种高台建筑，兴起于春秋，而盛行于战国，各诸侯国竞相筑台。版筑术的创造和发展时期是在奴隶社会，至战国秦汉不过应用规模更大，技术更为完备。其最伟大的工程首推万里长城。

春秋战国正是诸侯割据兼并战争剧烈的时期，各国筑城工程蜂起，因此，可以推测，高台建筑可能也是由于防御上的实际需要而产生的。不过在这个时期，它不是采取后世的深沟高墙形式，而是采取了高台形式。

这种高台建筑，是在夯土版筑的台上层层建屋，犹如《淮南子》所说，“高台层榭，接屋连阁。”站在台上眺望城内外可以一览无余。战国铜器铭刻也表现了高台建筑的大略形象，根据秦咸阳、西汉长安宫殿及礼制建筑遗址所见，它们都是以简单的单体木构建筑与高台结合而成为庞大的整体建筑。

对于战国时期的建筑技术还可以从《考工记》中得到一些了解。

秦和西汉，“楼”、“阁”、“复道”等名称屡见于文献。城市和宫苑中，多层的和高架的木构建筑在战国已经出现，秦汉得到进一步发展，梁柱、“井干”都是曾经采用过的一种结构方法，但其形式和技术均不详。《史记》关于秦阿房宫、西汉未央宫和建章宫的记载都提到了“阙”，可是也无形象的资料，仅在东汉石阙及画象石中所见到的门阙图样仍保留着仿木结构的特征。

奴隶社会进入封建社会时期，建筑技术的重大发展是砖的进一步生产和应用。它和瓦一样都是从制陶技术发展而来的，普遍见于战国至西汉遗址。砖，这个继瓦之后产生的又一种人工材料，其意义甚至超出了瓦。它不仅和瓦一起改善了土木结构的质量（陶瓦的发明解决了屋面覆盖物、由草料进而用瓦，而砖的应用，则首先解决了土地面的铺墁），砖的进一步应用，又为创造新的砖结构体系造成了前提条件。但战国迄至西汉，砖的发展仍处于开始阶段，实心砖虽也用于砌筑，如临潼秦俑坑所见，但大量的是用于铺地的实心砖和用以代替木椁的空心大砖，还没有产生新的砖结构的技术。这种砖都带有模压的纹饰，制作非常费工，也说明它仍是少量生产的材料。

虽然封建社会初期已经使用铁工具，能够对石材进行加工，但在这个阶段，石材亦仅用作木构建筑个别部位的构件，还没有产生石结构的建筑。

显然，战国至西汉以砖材料的进一步应用和多层木构技术的发展为开端，在建筑技术上，已经孕育着一个新的发展阶段，而开花结果却在东汉。

二

东汉在我国建筑技术史上是一个灿烂的发展时期。除木结构体系，特别是多层木构技术的发展外，更创造了新的砖拱结构体系及石材做梁柱和拱券的结构方法。

东汉的木构建筑仍没有留下实物，但留下了大量表现建筑形象的明器陶屋、画象石、画象砖，以及仿木构的石阙、石墓、石室，使我们对于早期建筑技术发展的认识前进了一大步。从这些材料来看，东汉的木构技术有了一个很大的发展。首先在结构方法上已明显地分出了两个系统：一是梁柱式；一是“穿斗”式。它们都具有“墙倒屋不塌”的构架特点，类似现代的“框架”结构。围护体不起承重作用，因而分间灵活，门窗开设自由，适用性广。正是由于这种结构方式的优越性，表现了它的生命力，一经形成便历代相沿，成为我国古代木构建筑的两种基本结构方法。“井干”式在奴隶社会时期初期出现过，封建社会时期在局部地区仍有采用，但没有得到发展。梁柱式后来除“官式”建筑中被普遍采用外，在北方民间建筑中运用也很广泛，而“穿斗”式则成为南方建筑结构的普遍形式。

因为土木结构的建筑需要较大的挑檐以保护墙身，柱脚和台基，在奴隶社会时期就探索支持这种大挑檐的结构方法，可能经过擎檐柱、斜撑之类的发展阶段。战国铜器刻图明显表现了斗状

的柱头构件。到东汉，挑檐有用挑梁、也有用“斗栱”（斗是垫木、栱是桃木），还有在挑梁头加斗栱等。以后，挑梁和斗栱便成为我国古代木建筑挑檐结构的两种普遍形式，尤其是斗栱的发展，在后来大型建筑的形式和结构上都具有重要的地位。但这时期的斗栱组合简单，如人字栱、“一斗三升”，完全出于结构的需要，并且大都只出一“跳”（即挑出一层），屋檐伸出还不大，然而斗栱的形象却十分多样化，如四川乐山等处崖墓即有六、七种样式，并无后来的程式化现象。说明用斗栱的挑檐结构，在东汉时正处在创造阶段。

在东汉明器和画象砖、画象石中出现大量的木构多层楼阁，在历史上亦非偶然。东汉时期，地主豪富势力强大，封建主坞壁的门楼、望楼、粮仓的修建非常普遍，这在陪葬品中得到了反映。明器陶楼少则三层、多则五层，楼的结构仅见梁柱式，并表现出自下而上逐层收减高宽的形象。从零星材料来看，有用通高柱子，也有下层柱托梁枋再立上层柱。柱子都具有显著的“侧脚”，以加强结构的稳定。随着多层木构建筑技术的发展，早期的高台建筑方式就逐渐衰落。

多层木构建筑的技术至东汉获得了重大发展，它成为南北朝木构高塔结构的开端。

砖材料在战国至西汉时期，以讲究装饰性的铺地砖和空心大砖占主要地位，至东汉已让位于结构用的条砖，制砖技术也就向着量的生产发展。

砖瓦材料的产生和发展，不仅由于使用上的需要，而且在技术上早已有着烧陶的基础。烧制砖瓦要比烧制陶瓷技术简单得多，同时它以粘土为原料，在自然界中有着取之不尽，用之不竭的来源。

东汉社会厚葬之风盛行。这是奴役制度的一种思想反映。统治阶级希望死后仍过着生前的剥削生活，因而皆仿生前宅院来修筑死后墓室，并随葬埋藏金钱财物及模拟式的陶制品，这种墓葬建筑也要求采用比较耐久的材料——砖石来建造。东汉时期留下了大量的砖墓，并且用条砖拱券结构代替西汉的空心大砖板梁结构，首创了砖砌筒拱和穹窿结构技术。

砖是一种耐压强而抗拉弱的材料，将空心大砖作为板梁构件使用，不但跨度有限，而且容易脆断，拱券结构的方法则使砖块受压，是适合材料性能的。东汉筒拱和穹窿结构的砖墓几乎遍布南北各地，说明砖石材料的力学性质已被人们所普遍认识。

东汉时期铁工具的进一步应用，使坚硬石材的大量加工成为可能。在厚葬风气之下，在山崖上开凿崖墓，构筑石墓、石室、石阙，因此石建筑继砖结构而发展起来。我国古代石结构技术，从东汉开始基本就分成两种：一种是拱券式，可能从砖拱技术发展而来，例如安徽亳县荃圆石墓、河南舞阳黄林石墓及画象砖上的石拱桥；另一种是梁柱式，具有明显的仿木构特征，如山东沂南石墓例。东汉的石建筑遗留至今为数尚多。

我国古代建筑技术的发展，包括土、木、砖、石四大结构，迄至东汉奠定了完整的传统基础。东汉以后，封建社会经济文化进入高度发展时期，特别是由于宗教的需要，吸取了外来技艺；在建筑技术上进一步创造了新的成就。

佛教在东汉时期已传到中国，但开始传播还不广。至南北朝离乱之世，人们寻求对于“来世”的精神寄托，统治阶级又大加提倡，作为麻醉和统治人民的工具，使佛教的发展达到了登峰造极的程度。

关于北魏佛教的发展情况，《魏书、释老志》记载孝明帝时，京城内寺“新旧且百所，僧尼二千余”，“四方诸寺六千四百七十八，僧尼七万七千二百五十八”。至东魏末，其寺达三万有余。唐杜牧诗说：“南朝四百八十寺，多少楼台烟雨中”，这仅是建康一地的写照。

从南北朝开始，宗教建筑便成为仅次于宫殿建筑的主要类型，而其数量之多，分布之广大大超过了宫殿建筑。

在封建社会，一是君权、二是神权。在神权方面影响最大的是佛教，其次是道教。这就是为什么历代保存下来的建筑大多是佛教建筑和道教建筑的原因。

在南北朝时期，木结构和砖石结构技术，在佛教建筑（特别是塔）中得到新的发挥和创造进而跨入高层建筑的阶段。

“塔”的概念源于印度的“窣睹波”（Stupa）。它的雏型是由台座、覆钵和相轮组成的实心建筑物。然而在中国建筑的传统形式和世俗生活的影响下，塔除佛教的象征外，大多可以登高远眺。这种登临的要求也便带来了中国式塔的技术及形式的特点。

早期寺塔的建筑见于《洛阳伽兰记》记载及石窟浮雕和壁画（如云冈、敦煌）。南北朝的塔，除云冈石窟塔柱等所表现的形象外，公元六世纪的北魏洛阳永宁寺九层木塔现尚存基址，而河南登封嵩岳寺砖塔迄今仍完好。

永宁寺塔，据《洛阳伽兰记》和《水经注》记载及现存塔基，可以推测塔高当在数十米以上。从留下的柱迹来看，其结构方法应为梁柱式。

嵩岳寺塔，用黄泥砌筑。塔身径 20 米、高 41 米，为空筒式结构，木构楼层，以向上逐渐收小及厚壁造成塔身的稳固。这种结构方法为以后唐代砖塔所沿用。

南北朝以后，砖、木、石塔，历代相继建造，而以砖塔为最多。从此，高塔建筑所显示的结构和施工技术水平，便成为我国古代建筑技术成就的一个突出的标志。

三

隋唐是封建统一的强盛时期。劳动人民创造了丰富多采的文化艺术，建筑技术也出现了一个高度发展的时期。

隋代虽然仅留下个别的石构建筑，但公元六至七世纪石匠李春创造的河北赵县安济桥，单券净跨 37 米多，却成为我国古代石拱结构技术发展的里程碑，从而达到古代石工技术的顶峰。

建于公元八世纪和九世纪的山西五台县南禅寺和佛光寺大殿，虽然不过是中小规模的建筑，并不能完全代表唐代木构技术已达到的水平。但它们是保存至今最古的木建筑实物，使我们对于封建社会中期的木构技术做法有了较为具体的了解。

唐代的木构建筑形象，在敦煌千佛洞壁画、乾县懿德太子墓壁画中有着生动的描绘。此外，西安大雁塔门楣石刻、四川乐山大佛寺石刻、山西晋城青莲寺碑刻等，也表现了木构大殿和飞廊及其结构方法。从遗址看，西安大明宫麟德殿、含元殿等，都反映出唐代木构建筑技术的巨大规模和高度水平。

唐代木构技术的发展和成熟的重要标志，首先，它和各个时期共同之点，是不断探索加强结构整体的刚性；其次，是屋顶结构“举折”做法的成型和斗栱挑檐结构的充分发展。隋唐时期还建造一些木塔，但遗物均已不存，仅在敦煌壁画及龙门石刻可见，为方形楼阁式。

以佛光寺大殿来看，是以外柱和内柱及其联系构件分别组成“内槽”和“外槽”，用乳栿加以拉接，柱脚并联以地栿，形成刚性较强的空间结构体系。柱子又作显著的“侧脚”和“生起”（向角柱逐渐加高），也是为着加强结构的稳定性。屋顶的“举折”，在东汉和南北朝还不明显。而这两座唐代建筑，已明确地利用各层梁栿和平槫（檩条）标高的变化，使椽子构成一定的折线形轮廓，说明至迟到唐代，我国古代建筑弯曲屋面已完全成型。此外，唐代斗栱之大，在这两座建筑中几乎等于屋身高度之半，并在斗栱组成构件中出现了“昂”，前端支托着屋檐的重量，其后尾则压在平槫下起着平衡的作用，使出檐更为深远，而受力较为合理。在唐代，斗栱的发展，从它的尺度和结构作用来说，达到了历史的高峰。所有这些，都体现了木结构技术的高度水平，使这座木建筑在风雨中挺立了一千多年。

同时，还应指出，中国古代建筑是以单座建筑围成庭院的群体组合为基本形式。因此它之伟大和复杂，并不仅在于单体建筑的体量，而且在于建筑群体组合的规模。只有了解这个特点，才能恰当地评价唐代以至整个中国古代建筑技术发展的成就。

唐代砖结构及其施工技术的水平，仍然主要表现于塔的建筑。现存唐代砖塔很多，例如西安大雁塔、小雁塔、大理千寻塔、蒲城崇善寺塔等，它们基本上是继承南北朝时期空筒式结构方法，但建造高塔的技术已经广为普及，而平面多以方形为主，仍用黄泥砌砖，高可达 60 多米。

四

宋代手工业和商业的突出发展，在科学上曾出现了伟大的发明创造。古代木结构体系的基本做法，在唐代已经完成它的发展过程，至宋代，产生了两种新的趋向：在形式上，讲求轻巧和变化；而在技术上，为着简便设计和施工的需要，则朝着标准定型的方向发展。

公元十一世纪编著的《营造法式》保存至今。以它与实物互相对照，互为补充，使我们对于截至北宋以前建筑技术的发展有了比较全面的认识。

在宋代，出现了许多屋顶山面向前的殿堂和楼阁，产生了丁字脊、十字脊屋顶以及工字型、亚字型平面的殿宇。而斗栱则比唐代缩小。现存的一些宋代木构建筑，如大同善化寺普贤阁、太原晋祠圣母殿、正定龙兴寺摩尼殿、晋城青莲寺大殿等，都反映了宋代建筑技术的这种新发展和特点。

在宋代建筑实物中，减柱的做法开始出现，如晋祠圣母殿减中间老檐柱四根，晋城青莲寺大殿减中间前金柱四根，反映了结构布置的灵活性，因而改善和扩大了室内空间。

从唐代到宋代，木构技术发展的卓越成就和另一趋向，则是产生了整个建筑所有构件的统一比例单位，——斗栱的“材”、“栔”（栱的用料尺寸，即标准材），从而在建筑上达到了设计的标准和定型。这种“材分”制度体现在北宋的《营造法式》中，它的产生，对于封建统治阶级来说，是为了控制宫廷和官府建筑的等级，以“关防工料”为目的，而在建筑技术史上却是一个发展的里程碑。

《营造法式》总结的“材分”制，具有“模数”的意义。即“凡构屋之制，皆以材为祖。材有八等，度屋之大小因而用之”，“各以其材之广分为十五分，以十分为其厚。凡屋宇之高深，名物之短长，曲直举折之势，规矩绳墨之宜，皆以所用材之分以为制度”。

《营造法式》的产生，反映了北宋时大兴土木对于做法规范及工料定额的需要，同时也说明了当时建筑技术的成熟水平，在工匠中早已形成了一套“世代相传，经久可以行用之法”。

古代一座带斗栱的木构建筑有几十种构件，大小数千个零件，都要一件一件地预先做好然后加以安装，这是一个极复杂的过程，也反映了在设计方面规定标准以后对于提高施工效率的重大意义。我国古代木结构建筑采用榫卯结合，从萌芽状态开始就具有预制安装的施工特点。但是，如果没有工匠们在宋代以前长期实践中形成一套普遍的成熟的做法，并且积累了按照不同规模和不同用途的建筑采取相应大小构件的经验，以及摸索出各个构件之间的大致比例关系，就不可能产生《营造法式》的这种标准的“材分”制度。如现存唐代和辽代木构建筑实物中，用材多已采用3:2的断面；虽为数十种构件，但其标准断面也已统一为少数几种。

在长期的封建社会里，由于生产方式没有根本的改变，技术发展的关系总是以继承为主，它在很大程度上决定于各地区工匠本身的技艺传统。

辽金建筑，基本上是继承唐宋的传统技术，而辽更主要的是继承于唐，但辽金又是我国古代建筑技术史上很有创造的时期。现存最早而最高大的木建筑恰恰是辽代建筑，一个是应县木塔，另外是几座大殿，如大同上华严寺海会殿、善化寺大殿、义县奉国寺大殿。特别是公元十一世纪的应县佛宫寺五层木塔，高达66米，充分显示了古代工匠运用木材及其结构技术建造高层建筑所达到的成就。塔身利用里外两圈梁柱互相拉接及柱间斜柱起支撑的作用，形成了空间结构的整体刚性，上层柱立于下层柱大斗上，采取“叉柱”做法，因而抗住了大风的袭击，经受了地震的摇动，稳稳地站立了九百年，至今犹存。

《营造法式》所载及这个时期应用和发展的梁柱式构架的两种形式：一种是内外柱同高或内柱稍高，内外柱均作斗栱；一种是内柱升高至檩下，内柱不作斗栱。这两种形式对于唐宋木构具有承前的意义，对于明清木构则起着启后的作用。

在金代建筑中，减柱和移柱的做法较宋代又前进一步，这也是传统木结构技术的一种突破和发展，进而开创了“头额”结构技术。这是在传统的框框束缚下表现了工匠们的大胆尝试。年代较早的实例，如朔县崇福寺弥陀殿、五台县佛光寺文殊殿。

我国古代木构架，很早就出现三角形结构。在武梁祠上已看到汉代的“叉手”做法，从洛阳宁想墓石室中也可看出梁上起叉手支承脊檩，说明汉魏时简单的三角形屋架早已萌芽。在辽金建筑中应用叉手、斜撑的例子很多，如应县佛宫寺木塔、朔县崇福寺观音殿等，也是突破传统框框的一种创造。

但我国古代的屋顶结构仍为简支结构而不是复合结构。虽然在力学上是原始的，但在施工上却具有简便的优点，有利于预制安装法进行施工，也便于抽梁换柱加以维修，也许由于这个原因，在历史上一直沿用，而没有被三角形复合屋架所代替。

元代木构建筑技术，总的来说，一方面沿用传统规则的结构方法，另一方面进一步发展了减柱和移柱的“大额”结构。此外，在局部上，如抹角梁的应用，也加强了结构转角部位的刚度，有利于整体结构的稳固。如山西洪洞广胜寺上寺前殿即是一个减柱和移柱的突出例子。

辽、宋、金、元时期，由于战争以及汉族和少数民族政权交替等因素，传统框框对于工匠的束缚似乎并不那样严格。

宋代砖塔结构在唐塔基础上作了较大的改进，反映出它的技术进入了新的发展阶段。宋塔除大多数仍用黄泥，个别已用白灰砌筑，高度可达80米以上，大大超过唐塔的规模。特别是塔身将空筒式、木楼层的结构，改为塔壁及楼层、梯阶全用砖砌，使塔成为一个整体。如有“壁内折上式”结构、实心结构、内廊式、穿心式结构……。从以上几种结构方法看出，宋塔是改进了唐代结构上的弱点，着重地加强塔身的刚性，如开封祐国寺塔、定县开元寺塔。此外，南方地区砖木混合塔很多。

我国独特的制造琉璃的技术，以釉陶为开端在东汉时已经普及。但现知最早的琉璃瓦实物是唐代初期的，至今有一千多年的历史。例如西安大明宫遗址发现的黄、绿色琉璃瓦，说明琉璃的制作技术在唐代已经达到成熟地步，解决了大量使用问题。从此，陶瓦在重要建筑中逐渐让位于琉璃瓦。宋代琉璃瓦的应用更多，但这时仍只用于屋脊和屋面边沿，既是重点防水，也是重点装饰的部位，如唐宋壁画中所表现的，俗称“剪边”。至元代，已生产出多色的琉璃瓦，例如山西现存许多元代建筑，琉璃瓦质量很高。在琉璃的发展过程中，其中黄绿二色是较易烧制的，因而最先为人们所发明，并且应用最广。琉璃砖瓦的制作和应用是我国古代建筑技术的特殊成就之一。

五

明代至清代末年（公元十四世纪至十九世纪中叶）处于封建社会晚期，封建制度已经到了日暮途穷的境地。但商业和手工业的发展使已经出现的资本主义萌芽有了显著的增长。明清时期建筑技术发展的最突出的现象是它的形式和做法更加趋于标准程式，但在技术上也伴随着标准程式的要求及手工业的发展带来某些进步。

在“官式”建筑中，逐渐抛弃那些传统的复杂做法和加工，明显地朝着简化结构和施工的方向发展。例如将中心柱向四角逐渐“生起”的做法改为同高，仅角柱略为加高；将斗栱尺寸进一步缩小，内柱升高至檩下不作斗栱，斗栱中的昂退化为水平木，整个斗栱逐渐失去其在结构上的重要性，而加强了梁架的作用，使整个斗栱的制作和用料都大为简化，而出檐也随之减短。此外，还将唐宋流传的“梭柱”，柱头卷杀的做法改为直柱，将“月梁”改为直梁，并且梁枋普遍使用圆木，而较少加工等。从北京明清宫廷及寺庙建筑来看，都有这样的变化，这是建筑技术上的一种进步，也是走向标准程式的发展过程。

明清时期对于建筑材料的使用和加工也有一些创造，例如拼合料的做法，虽在宋代已经开始采用，但在明清时期得到普遍推广。从宫廷到地方的一些建筑都使用铁箍拼合木柱、木梁，并且为了遮盖拼合料表面，发展了“披麻捉灰”的做法，使小材、劣材也能在重要的建筑中得到利用，这是为了解决大规模修建中大材、良材来源的困难而促成的。

明清统治者为了维持他们的统治，从政治上进一步加强封建礼制的作用，对建筑等级制度的规定也更加严格。清工部《工程做法》这部建筑专书的颁行，同宋《营造法式》一样，仍以控制建筑等级和工料消耗为目的，同时在技术上达到建筑标准定型的效果。而宋代以后迄至清以前，在建筑做法上已有了许多发展变化，也需要有新的规范。

《工程做法》及其它有关《算例》也成为解开明清时期“官式”建筑做法之谜的一部指南和手册。书中仍用“材”作为官式建筑规模等级的标准单位。但与宋《营造法式》的“材分”制不同，而采用“口分”制，将材定为斗口的宽度分为十一等，其它各种构件都按斗口宽度的若干倍数推算而出，用斗口代替宋式栱的断面，作为度量整个建筑各部尺寸的标准单位，也可以说，《营造法式》是以栱的高作为标准，而《工程做法》则是以栱的宽作

为标准。这部书还将各类"大式"、"小式"房屋规定了二十七种，由于它对官式建筑形式和做法的统一化，便基本上取消了个体建筑复杂的设计工作。

但清工部《工程做法》同宋《营造法式》一样，只是单座建筑通用做法的示例，而没有建筑群体布置形式的规定，即单体建筑是定型的，而群体布置是可以变化的。这样便使建筑形式能够在定型中求得变化，这也是这个时期建筑的一个重要的特点和成就。

适应这种控制建筑规模和质量等级的需要，明清官式建筑在设计方法上也有发展。例如清代世代相传的宫廷匠师雷发达及其一家在这方面有着突出的成就，特别是根据设计图制作"烫样"，用立体模型表现出建筑式样，是一种更为形象化的设计方法。

制作建筑模型在隋代已经开始，当时叫"木样"，例如修明堂、建辟雍，匠师们往往先做模型，根据模型审定后再动土兴工，但这时的模型比较简单，而且仅在设计重要建筑时才制作。雷发达一家创造的烫样，是用纸板做的，墙身、骨架柱为木制，屋顶分片安装，屋顶并用沥料烫出瓦垄，可以灵活地取下观看房屋内部情况，这种烫样实物至今还保存不少。虽然图样和烫样只是表现建筑的大致式样，但由于官式建筑做法的定型，特别是《工程做法》颁行以后，工匠们只要知道它们的大致式样，在"掌尺匠"（唐时叫"都料匠"）的领导下，有了"口分"、"开间"、"丈杆"就可以进行施工，它反映了在建筑标准定型条件下清代建筑设计和施工过程的特点。

明清时期广大民间建筑结构，由于地方的特点而不同，但各地也沿袭其长期的传统做法而趋于定型，仍以"穿斗"式和简单的梁柱构架（"小式"）为基本类型。

明代陶瓷等手工业显著发展，同时采用煤炭烧砖，砖的产量和应用达到空前的程度。琉璃、镏金（古代叫"金涂铜"，战国已有。镏金器物早见于河北满城西汉墓出土）等特种材料和制作工艺的发展，使建筑技术更增添了新的丰富内容。

从元代到明代，在战争中已使用火炮攻城，因此明代开始，全国州城、府城、县城的土城都陆续包砖。现在所见的砖城墙及万里长城东半段、烽火台、城楼均用砖砌筑，都是明代建造的。战争武器的发展是推动城墙用砖的一个重要因素，防火的需要也是一个原因，而砖的生产技术的发展，如以煤作为燃料及窑体的扩大，则是另一因素。除了城以外，从官府到地主阶级的住宅也都普遍用砖，特别是广泛使用石灰浆砌筑，增强了砖砌体的坚固性，使砖结构技术进入了一个新的发展阶段。

明清砖塔结构技术乃是继承宋代的传统做法，不过最高大而华丽的砖塔却是明代的南京报恩寺塔，高 90 米（惜于 19 世纪中叶毁于战火）。明清时期，砖结构从墓室、高塔，进而用于大殿、城门洞等，使砖拱技术有新的发展。砖砌筒拱的大殿（俗称"无梁殿"），例如南京灵谷寺无梁殿（跨度 11 米）、太原永祚寺无梁殿、永济万固寺无梁殿、五台显通寺无梁殿等，修筑甚多，也有用砖砌出半球形拱顶——"穹窿"，例如四川峨嵋山万年寺砖殿（直径 10 米），还有的显然是由于防火的需要，如北京皇史宬。此外，为了增强城门的防御性能，出现了砖券城门洞，其最早的例子，可在南宋静江府城（桂林）石刻图上看到。元代的实例，如元大都（北京）城门，而至明代，砖券的城门洞已相当普遍。

我国的砖拱结构、石结构，早在东汉时已应用很多。石拱结构在隋代赵州桥上已达到 37 米的大跨度，可是长期以来并没有用到重要的房屋建筑上。其主要原因是在汉代以前木结构的发展已有悠久的历史，表现出这种结构方式的优越性，木构技术早已广泛地被人们应用于房屋建筑。在封建礼制思想的束缚下，统治阶级对于传统的形式和技术也有一定的保守性。同时这种木构架结构的材料和施工终究比砖构、尤其是石构要便利得多。虽然木材的耐久性差，但它在结构上采用立柱和简支梁，在构造上采用榫卯结合，也便于维修，可以抽梁换柱，不致于"牵一发而动全身"，在气候干燥地区经常加以维修，仍然可以保持几百年以至千年以上的寿命。由于砖石拱券结构在重要的房屋建筑中得不到应用，这种结构技术在我国古代也就未能得到充分发展的条件。

古代建筑的基础工程，包括夯土基础、瓦渣基础、桩基础和灰土基础都有长久的历史。夯土基础应用最早，在奴隶社会时期已很普遍，以后一直成为一种常用的做法。瓦渣基础已详见于宋《营造法式》，实物例如宋代正定隆兴寺转轮藏殿、元代芮城永乐宫。桩基础其渊源甚至可追溯到原始时期的"干阑"建筑，例如浙江余姚河姆渡遗址，后期的实物，如太原晋祠圣母殿。应用灰土基础的例子，较早的如北京明代城墙，至清代则相当普遍。在我国古代重视基础工程，由于地基基础塌陷而导致建筑破坏的情况极少。

在建筑材料生产上，明清时期琉璃技术也有了进一步发展。明代已经有规模较大，生产流程比较科学的琉璃作坊，例如北京和山西琉璃窑，琉璃产量大大增加，在宫廷和寺庙建筑上广泛应用。它的色彩已多至黄、绿、蓝、红、紫、黑、白七种，而在细微变化上更出现桃红、翠绿、孔雀蓝等多种，其代表性建筑如九龙壁。这种建筑材料的发展，使传统的技术和艺术大放光彩。明清琉璃砖瓦质量很高，许多琉璃建筑经历几百年风雨剥蚀，至今色泽鲜艳，显著地提高了建筑的技术质量。特别是琉璃与色彩、彩画，以及镏金技术等互相结合，使我国建筑艺术达到金碧辉煌、灿烂夺目的效果。

我国幅员辽阔，自古以来是一个多民族的统一国家，除了汉族而外，还有五十多个兄弟民族。少数民族社会历史的发展很不平衡，有的还处于原始社会、奴隶社会阶段，也有的已进入了封建社会，建筑技术发展的水平也不同。由于所处自然环境、文化传统、宗教信仰等因素，使它们的建筑呈现出各自的鲜明特色，其中以藏族、维族及西南一些少数民族尤为突出。兄弟民族的古代建筑是我国建筑历史百花园中一簇簇灿烂的花朵。

明清时期的建筑，从宫殿、寺庙，到住宅、园林，从"官式"建筑到民间建筑，从汉族建筑到各少数民族建筑大都保存至今。它反映了古代建筑技术发展的最后阶段，而它们所体现的特点、成就和经验成为我国古代建筑遗产的重要组成部分。

总观古代建筑技术的历史，是什么原因使某种技术得以发展呢？考察一下建筑技术的发展进程，可以看出社会对于技术的需要和劳动人民的实践创造，是建筑技术发展的主要动力和内在原因。例如版筑术，它的产生可以追溯到奴隶社会早期，在古代长期用于墙体和基础工程，但它蓬勃发展并且完全奠定了其技术基础的正是春秋战国时期烽起的筑城工程。由于战争对城墙坚实性的技术需要，劳动人民创造了夹板技术、夯杵工具和夯筑的方法。木梁柱结构技术的发展仍然是由于人的需要。在古代，它是劳动人民创造的一种空间较大，使用较灵活，并且施工较快，能够满足多方面需要的结构方式。我国古代石结构的技术成就，主要是在大量桥梁工程实践上，显然它完全是由经济交通的需要所推动的。而砖石结构技术，在房屋建筑上并没有获得充分的发展，故然一方面有材料来源及加工困难的原因，但其内在原因也正是由于当时社会需要本身所造成的局限。砖石长期主要用于墓、塔建筑，是着重利用其耐久的材料性能，而并不要求在结构技术上创造出很大的跨度和空间。

建筑发展的重要条件是物质材料的来源。在古代，人们首先利用天然的材料，而土是自然界中最大量，最容易取得的材料，其次是木材，因而最早发展的建筑技术便是以土和木为材料的技术。土木材料的缺点是耐久性和坚固性不强，石材虽然耐久和坚固，但开采和加工都较困难，以后人们便制造了砖，这种陶质材料类似人造的石材。由于材料的不同特性也就产生了相应的不同的结构技术，土主要是版筑术，木主要是梁柱结构，砖石主要是拱券结构。

至于建筑材料的发展，由于建筑具有大量性的特点，虽然奴隶主和封建统治阶级可以不惜劳动力和工本来使用各种稀少贵重的材料，但作为大量的结构材料生产技术必须解决量的问题才能具备应用的条件。正因为如此，即使在我国奴隶社会处于青铜时代，战国时期已有金涂铜和铁，但只能作为局部的构件和装饰，而不能成为主要的建筑材料。

建筑技术，从材料的生产，如伐木、采石、取土、烧砖、制瓦，到制作成为构件，并按一定的结构方法，而构成建筑，同时产生了设计和施工的技术，具有多方面和综合性的特点。它需要不同工种的工匠来完成。在官府手工业中这种分工比较细致，而在早期，特别是民间，手工业分工一直并不严格，因而在古代，建筑技术的发展同各门手工业技术的发展有着密切的渊源关系。

我国古代建筑技术，主要依靠手工业工匠和农民的智慧和才能，创造出灿烂的成就。在封建社会里，劳动者本身是处于受压迫、受剥削的地

位，财富和权力掌握在帝王、贵族、官吏及大地主、大商人手里，因此主要的材料和技术以及劳动力都是用于修建宫殿、官府、寺庙和第宅。除了经验丰富的手工业工匠以外，还有大量的普通农民担负着繁重的辅助劳动和运输。在当时社会条件下，这种繁重的劳动不知曾使多少人伤残和死去。历次的改朝换代，宫阙毁而复建、封建统治者的每一次大兴土木，都是劳动人民的一次灾难。

在长期封建社会里，社会经济和科学文化发展缓慢，建筑技术的发展也十分迟缓。我国古代社会建筑技术，在唐宋时已达到高度成就，到明清虽然在某些方面也有进一步发展，特别是工艺的精美无可否认，但从总的来说，已处于一种迟滞的状态。

第四章　土工建筑技术

概　说

我们的祖先，从很早的时候开始，就在我们祖国辽阔广大的土地上建造居住房屋。一开始就和"土"打交道，土是被人们最早使用的建筑材料。如人们开始就挖洞穴居，这是一种初期的土工建筑。人们从穴居搬到地面上来建造房屋，仍然用土做为主要的建筑材料。顾炎武《日知录》卷二司空条载："司空，孔传谓主国空土以居民，未必然。颜师古曰：空穴也；古人穴居，主穿土为穴以居人也"（原注见《汉书》百官公卿表）。除文献记载外，近年考古发掘的大量资料证明，在原始社会，当时人们的住处都是穴居、半穴居。古代住民以土为穴，就这样经历了漫长的时期。因此说古代的建筑工程，没有离开过土，所以盖房子先讲"动土"，其次再讲"兴工"。

在我国相当广泛的地区有很厚的土层，其中粘性土占着重要成分。粘性土适宜于建筑工程，它富有粘结力。粘性土色调不同，大体可以分为红与黄两大类：东北以及内蒙古地区以栗色、黑色为主，西北地区为黄色，山东、河北为浅棕色，云南、江西、湖南、贵州均为红色。不论什么样的土，都可做为建筑材料。

用土做建筑材料，主要是因为土分布广，取土方便，土层深厚容易挖掘，经济实用，坚固耐久。此外，人们住在土建筑中或用土做建筑材料，是古代防寒取暖的好方法。在北方严寒的季节里，对房屋的保暖与防寒，土材基本上起到了防护的作用。

在这样条件下，我国的土工建筑技术，有了较大的发展。封建社会中，人们对住的要求虽然提高了，但由于生产力的低下，建筑材料长期地以天然材料为主。因此，土工建筑中的夯土版筑技术曾在长时间内得到大量的运用和发展。

在古代，大量的军事工程、建筑工程等大都用夯土、版筑的方法来解决。筑城工程要求数量多、体型大、质量高，具有防御性能。我国筑城工程从奴隶社会就开始，而且继续不断建造。它的发展，几乎贯穿了我国奴隶社会、封建社会历史的全过程。保留到今天的历代古城遗迹很多，分布也很广。筑城工程是我国古代建筑工程中一项重大活动，在工程技术方面取得很大的成就，积累了丰富的土工技术经验。

除筑城工程外，还有高台建筑。高台，是采用土来建造，它是我国特有的一种工程类型，也是我国土工建筑中的一个重要方面。从春秋战国到秦汉之际是我国高台建筑的盛行时期，筑台工程的质量和规模都达到空前未有的地步。到汉唐时代由于楼阁的发展，高台建筑耗费土工的工程量大，而且筑台速度慢，因此逐步减少，但是到封建社会中晚期并没有完全绝迹。

在土工建筑中还有土坯。土坯是建筑材料的一种，它是由天然材料变为人工材料的一种尝试。用土坯可以建造各种类型的建筑，是土工建筑的另一个重要方面。用它不仅可以砌墙，还可以建造土坯楼、土坯塔、土坯台。用土坯进行建筑，方便适用、坚固耐久。土坯的发展，历史很久，分布也十分普遍。

土坯的发明时间很早，它被广大人民所采用，在我国建筑史上一直没有间断。土坯和夯土版筑技术在历史上被人们共同使用，成为两个系统并列向前发展。

土窑洞同样是土工建筑的一种方式，它是我国西北部广大地区的人们所挖筑的居住房屋。它的历史往上可溯至上古的穴居，就地取材，就地动土，在黄土深厚树木稀少的情况下，构成很适用的居住房屋。

除了以上所谈到的几项土工建筑外，在我国有些地区的民间房屋建筑，几乎全部都是用土构成或以土为主要建筑材料，构成为土木结合的建筑。在建设过程中，根据当地的情况，建成各种不同的土房。根据各地的气候条件、土的性质、土层深度和风俗习惯，有着很多的处理方法和丰富的变化。

土工建筑本身厚重，它的防御性很强，如古代城墙和万里长城，构造非常坚固，如果没有人为的破坏，它们可以保持数千年。土工建筑施工方便，施工工具简单，这是用其他建筑材料所比不上的。

土工建筑防护性能好，防火性能高，还能隔音、防热、防寒、承重，这些成为土工建筑的主要优点。

土工建筑是我国历史上社会政治、经济、生产发展的具体情况下产生的，是历史上的一种建筑活动；到如今在建筑材料进步、特别是人工建筑材料大发展的情况下，已逐渐被减少。然而，古代土工技术，至今还在基础工程、堤坝、筑路、隧洞等方面，仍有重要参考价值，具有一定的生命力。

第一节　夯土版筑工程技术

《礼记·礼运》说："昔者先王未有宫室，冬则居营窟，夏则居橧巢。"在原始社会几十万年中，我们的祖先从森林到山洞，从山洞到穴居，以至在地面上建造房屋，是一个由简单到复杂的过程。从那个时候开始就利用土来做建筑材料，逐步积累了丰富的建筑经验。

根据当时的物质生活条件，利用可能的天然材料人们创造了最早的建筑——穴居。新石器时代仰韶文化的淮安青莲岗遗址的文化层中，发现当时经人工夯打过的"居住面"，这是已发现的我国最早的夯土。西安半坡遗址，竖穴已有矮墙、隔墙以及草拌泥的土墙迹象。这些墙壁已经采用堆积的方法，但还不是用版筑的方法。

原始社会解体，进入奴隶社会，商代文化已发展至灿烂程度，商汤时期的都城亳（河南偃师）已进行10,000平方米的夯土台基，上部是红夯土，下部是花夯土，经过两次筑成。这要算作我国目前发现的最早的一项巨大的夯土工程。至于夯土城墙的起源，可以同一时期的郑州商代城墙为代表，是目前所知我国早期最大的一项夯土城垣。全部城垣是用黄土分层分堵夯筑的，施工时用夯杵捣固土层而成。在每层夯土面上，都布满了密集的夯杵窝，夯窝的种类很多，这足以证明夯杵并不统一。夯层的厚度一般在8—15厘米，夯土质量十分坚实。

商代不仅仅在筑城、宫殿方面使用夯土，而且在居住房屋方面也同样运用夯土版筑技术。例如郑州商代房屋基址，地面做法都是填土夯实，房屋墙壁亦用版筑，还有部分用它承重，这说明了当时夯土版筑技术进步的程度。

到了商代晚期，建筑类型增多，夯土版筑技术随之提高。安阳殷墟宗庙就是一个新出现的类型，自地面夯土筑成。台基做法，绝大部分利用当地原有素土夯实。

西周春秋时期，部族完全统一，民族大融合，文化得到大发展。周公有计划地建立王城于洛阳，至今残存的东北二城垣，经过发掘也是用夯土筑成的。当时夯土、版筑技术使用已很普遍，在版筑方面已用插竿、夹板的方法。以陕西华县周代遗址为例，夯土厚度8—12厘米，每隔4—6层有一排插竿洞眼，其直径为6—10厘米。从山东滕县薛城来看，城全部用夯土筑成，并且是分内外两次筑成的，土质较纯，非常坚硬。周原出土的西周房屋已用夯土墙，十分普遍土块非常坚硬。

通过以上各例，可概略知道我国早期夯土版筑技术发展的状况。

我国封建社会时期的夯土、版筑技术，主要表现在大量的筑城工程。到春秋战国，随着社会

的发展，筑城工程日益增多，其中有规模庞大的城，城墙很高，城体非常宽厚。当时城墙工程全部采用夯土、版筑的方法。薛城就是其中一例，夯层甚厚，至今仍层次分明（图4－1－1）。

我国著名的万里长城，绝大部分都是用夯土、版筑建成的。此外，还有高台建筑，都是用人工夯筑的大土台，从奴隶社会开始，一直延续到明清时期，在历史上不断建造。

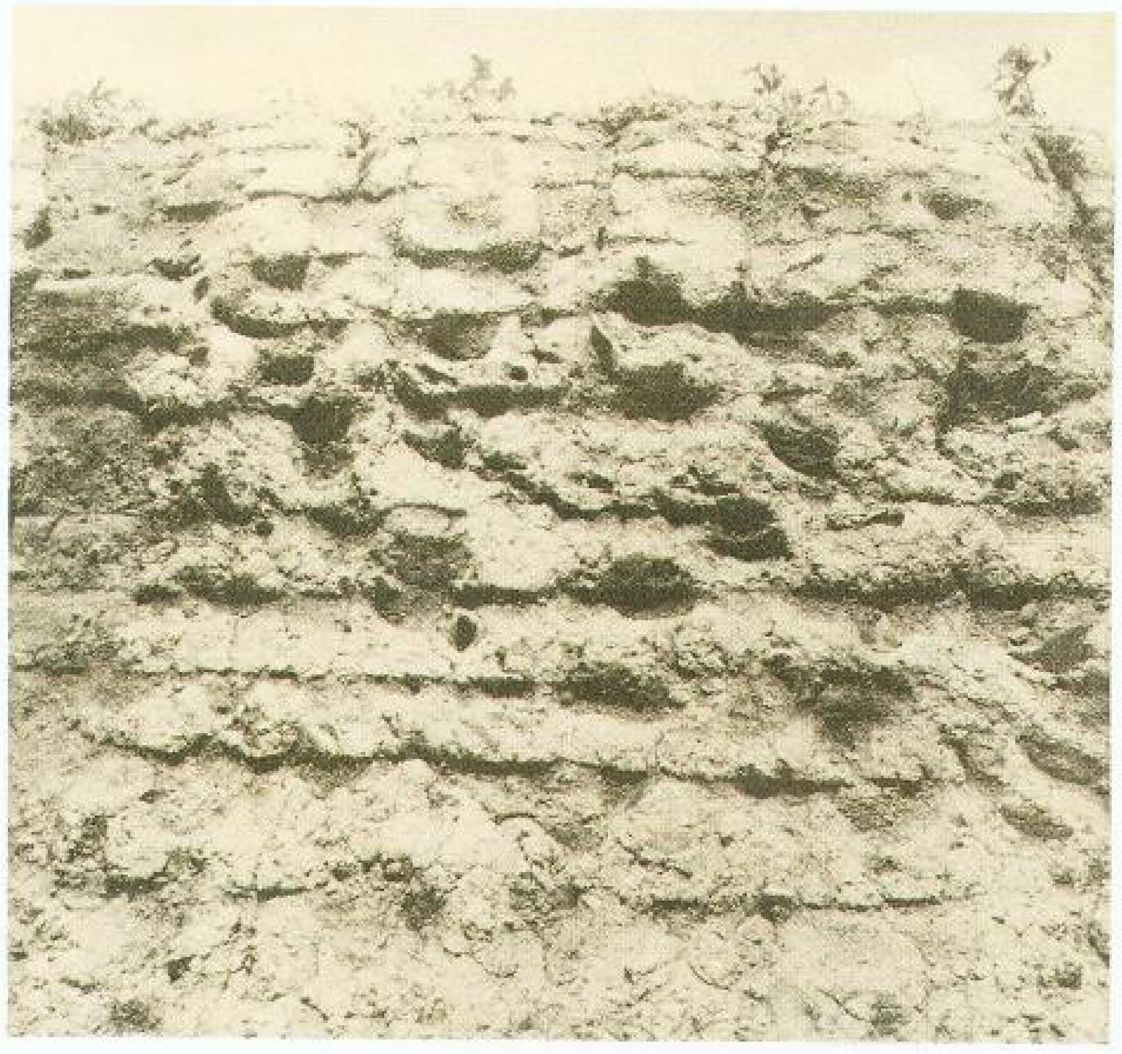


图4-1-1 山东薛城城墙夯层

一 我国筑城土工技术的发展

(一)历代筑城工程

我国夯土版筑工程技术，经过商周的发展，到了战国时代，一直保持着稳步的前进。战国时期诸侯战乱，因而各国大筑城池。郑韩故城（河南新郑）所夯筑的城墙至今仍然显得非常宏壮。故城分内外两重，全长40多公里，全部是用夯土分层筑起，十分坚固，每夯层上面都布满了小圆夯窝。在郑国的京城遗址（河南荥阳甘里铺），其城墙也是用夯土筑成，西城城墙至今依然存留7米多高，在墙面上存留比较规律的插竿洞眼。此外，邯郸赵武灵王城内外两重，各面夯层均很明显(图4－1－2)。晋国筑城以赵康城为例，墙上呈红褐色，夯层甚明晰，夯筑亦极坚固。山西

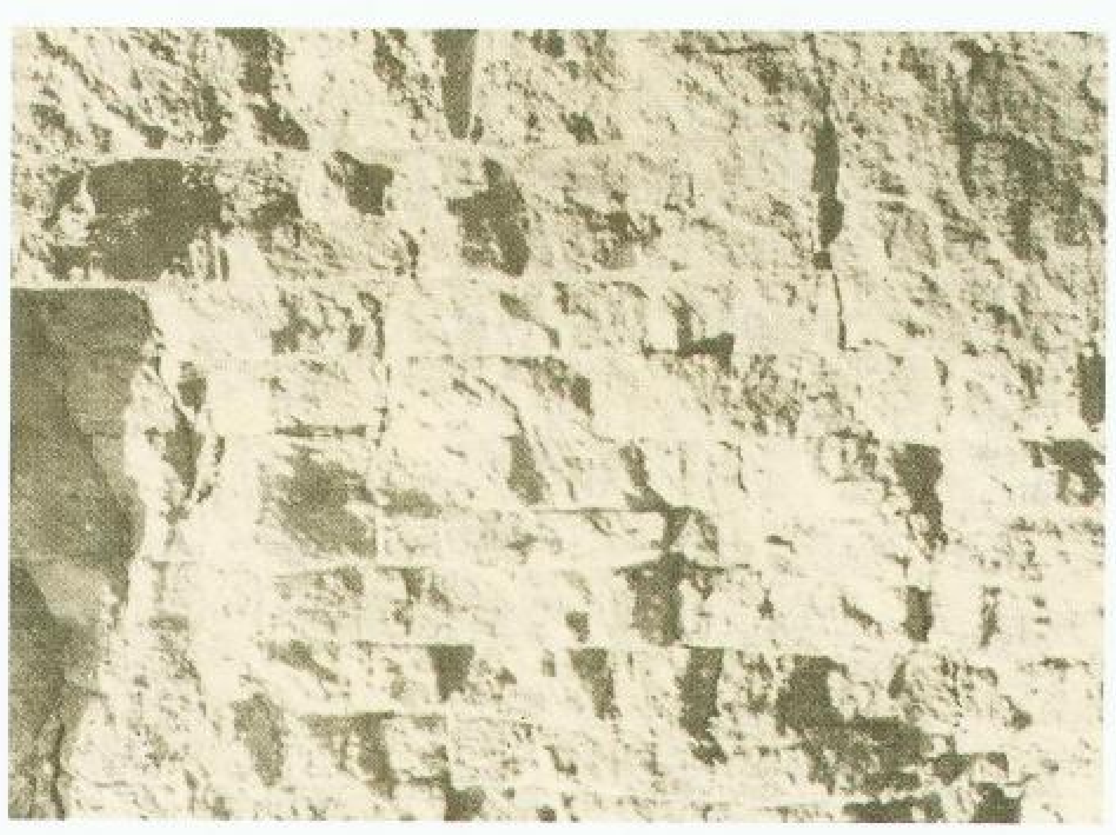


图4-1-2 河北赵邯郸城东城北墙夯土层

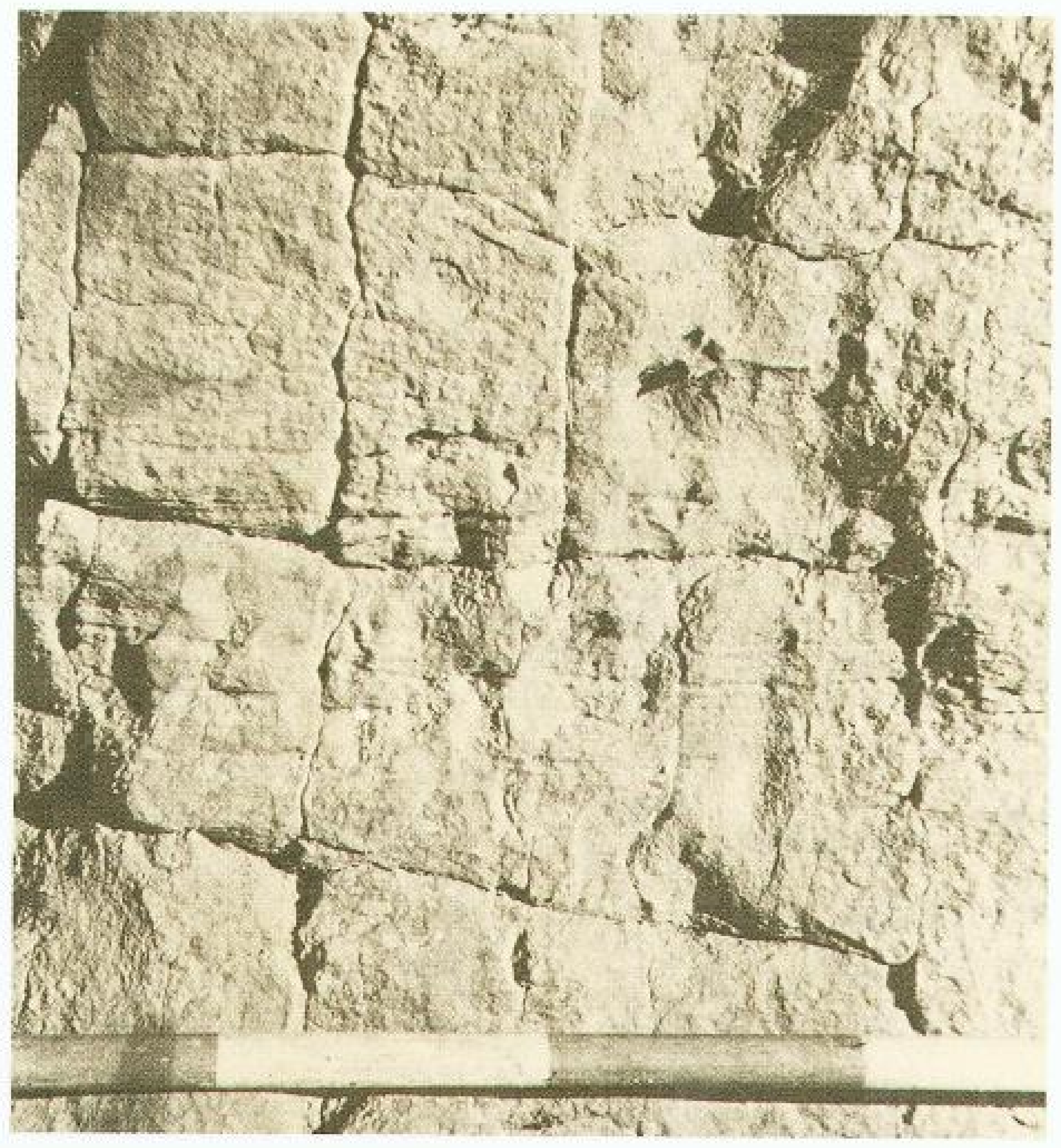


图4-1-3 （1）河北易县燕下都西城墙南段夯土

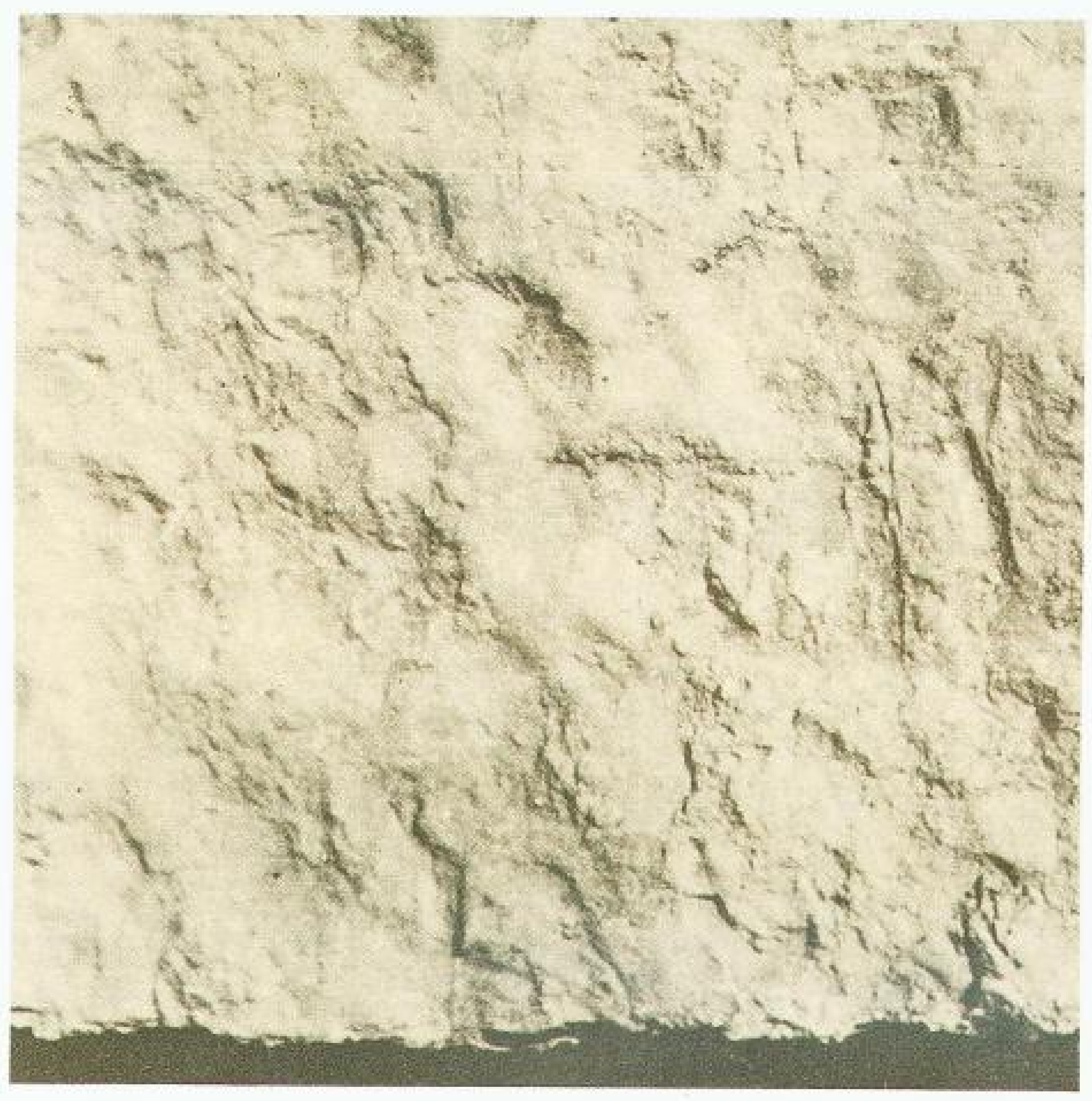


图4-1-3 （2）河北易县燕下都南城墙西段夯窝

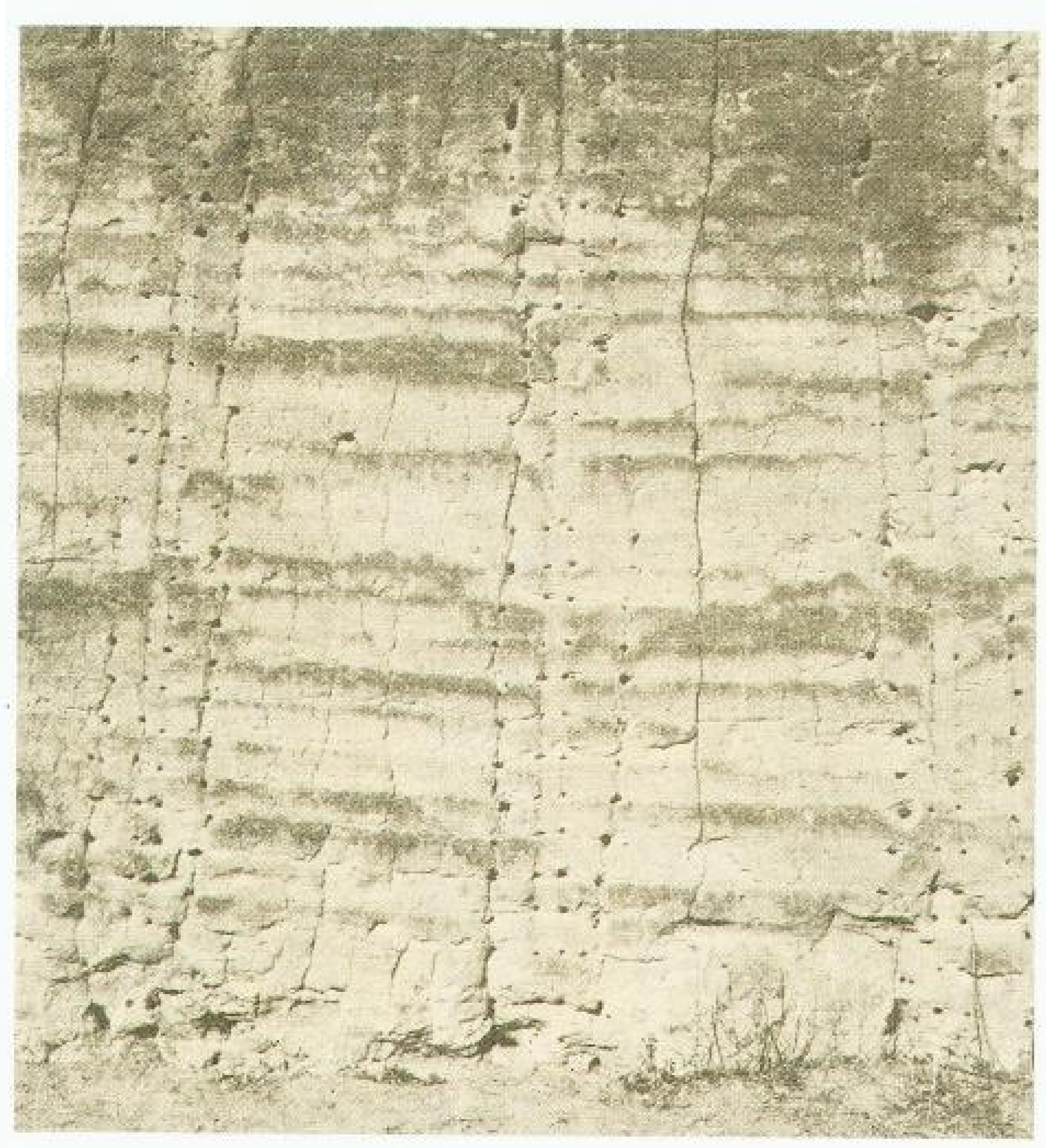


图4-1-3 （3）河北易县燕下都南城墙绳眼

闻喜大马古城的建筑方法，先挖掘基槽，然后进行版筑。从南城墙部分暴露出版筑的痕迹，每一版宽2.5—3米，最宽达4米，插竿洞眼为圆形，直径5—6厘米，排列不甚规整。平望古城与牛村古城，城墙采用分段筑城的方法，在夯土中亦留有插竿洞眼。楚国的皇城遗址墙城残高1.5—2.5米，亦用夯土筑成，夯土层12—21厘米。燕下都分为内城、外城两部分，内城正中处有小块夯土外，朱家台是用夯土筑成的；外城的西墙和南墙，现存高达6.8米，夯土层和夹板、插竿的痕迹都很清楚。夯土层为8—12厘米，夯窝深度2厘米，夯窝排列较紧密，而且常有叠压的现象。城墙夯土时绳眼非常明显，在清理时已发现。这说明燕下都筑城的夯土质量要求较高(图4－1－3)。

齐国的临淄故城中，西南角皇城也全部是用夯土筑成的，夯窝非常明显，遗留至今(图4－1－4)。魏国的阴晋城，采用方块筑城法，每个方块大小不等，每块1米长，60厘米宽，有的2米长，



图4-1-4 山东齐临淄城城墙夯窝

80厘米宽。夯土平面不甚平整，夯层为7—8厘米，夯窝较小，齐魏两国除筑城外，并将夯土技术用到堤坝工程上。

咸阳故城遗址的夯土墙，在第三层部分就有70多个夯层，最大宽度为7.6米，现存的夯土高4.9米。它的夯筑办法，首先将生土挖开基槽，深90厘米，然后用平夯夯实，再逐层夯筑。秦代一般城墙如雍城（陕西凤翔）遗址等亦是采用同样方法。秦始皇陵园围墙和陵体全部使用夯土筑成。秦代历史较短，但夯土工程量之巨大是空前的（图4－1－5）。

两汉时期农业建设、兴修水利以及生产技术方面都有大的发展。汉长安城墙用黄土夯实，最厚处为16米，夯层大致8—10厘米，夯打时插竿分粗细两种，还有两竿并用的痕迹。汉代一般的建筑工程，以河南县城为例，用夯土建造，城基埋入地下，残存最高部分为2.4米，城基宽度6.3米左右，夯土层较厚，夯窝直径较大。其他如杨城（山西洪洞）、山阳城(河南修武)、禹王城(山西夏县)、敦煌沙州城马面都采用夯土、版筑的方法，夯层明显，插竿洞眼及夯窝明晰可见（图4－1－6）。汉代大型建筑所用夯土高台，

以汉长安城南郊礼制建筑为例，中心的高大台基，夯土土质纯净而坚实，层次非常分明，夯层6—9厘米。中心建筑外围，亦用夯土筑造，高出厅堂地面50厘米，后缘由矮墙版筑而成。其他如扶荔宫遗址等，亦用夯土筑造，夯层9厘米左右。西汉帝王陵墓用夯土，以汉武帝茂陵为代表，陵园和门墙的夯土皆用平夯。

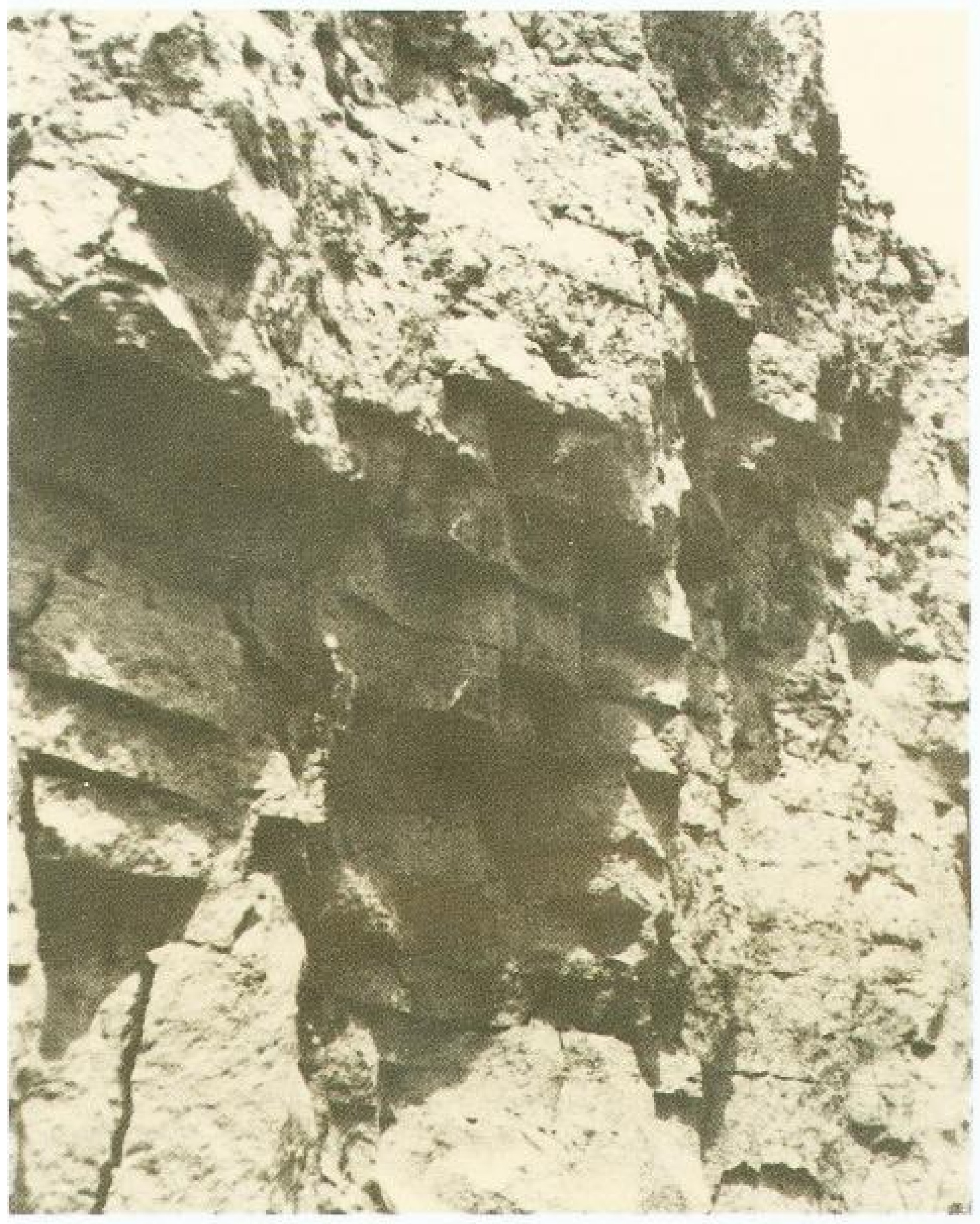


图4-1-5 陕西临潼秦始皇陵正北处夯土层遗址



图4-1-6 河南修武山阳城城墙夯土层

汉魏洛阳城垣系版筑夯土，细密而坚固。墙壁上一排排的插竿洞眼，至今仍清晰可见。《晋书》卷一百卅载记三十记载赫连勃勃"乃蒸土筑（统万）城"，据分析，所谓"蒸土筑城"，可能是筑城之前，将筑城所用的土进行日晒，以去其碱性，使城墙坚固耐久；也可能在施工时将所用的土用热水和泥，因这样可以使土质匀润，夯打时所有土间缝隙密实，提高墙体的质量。这种做法是我国筑城史上一项独特的夯土技术，它保留直到今天，墙体仍非常坚硬。

隋代古城夯土版筑的实例，以崇正镇古城为代表，南墙残址宽4.6米，高7米，由杵夯而成，夯窝直径为12厘米，夯层为10厘米。

唐代经济繁荣，手工业和商业都超过了前代水平，土木工程技术也随之进一步提高。就唐长安城而言，内外城墙全部是用夯土版筑而成的。长安城的宫城（太极宫、东宫、掖庭宫）的夯土遗址，地面以下大部分还保存完好，从中可以看出当时的夯土版筑的工程质量，土质坚硬，十分耐久。长安城内西市遗址，还发现圆形建筑，采用分层夯筑的方法，至今夯层明显。至于隋唐东部（河南洛阳）的夯土状况，从右掖门可以看出，在东门道东的夯土墙上，有插竿洞眼，非常清晰。与这同时期的林口县五道河子城址城基亦用夯土，反映地处边陲的渤海国仍然运用夯土技术。至于唐代一般中小城池用夯土版筑者随处可见，例如交河城、中工城、高昌城、琐阳城（图4-1-7）等均是，并且还间杂土坯夯筑。直到盛唐，开始在墙外面包砖，但唐代宫殿建筑用夯土的例子也是不少的，已发掘的长安城的兴庆宫的西面和南面的两座墙均系夯土筑造，勤政务本楼也采用夯土台基。翔鸾阁与栖凤阁亦存长方形的夯土台基，高出地面1.5米多，其周围原来是包砖皮加固的。



图4-1-7 甘肃安西县琐阳城夯土层

宋、辽、金、元继承唐代制度，夯土版筑技术继续有发展，而且使用面更广泛。宋代编著了《营造法式》一书，它主要是作为宫殿建筑施工规范系统地总结了当时建筑工程技术的成就。从中也可得知宋代夯土版筑的技术与使用情况。该书卷三中，筑基条规定用碎砖瓦打地脚的方法如下：

"筑基之制，每方一尺用土二担，隔层用碎砖瓦及石扎等亦二担，每次布土厚五寸，先打六杵（二人相对，每窝子内各打三杵）；次打四杵（二人相对，每窝子内各打二杵）；次打两杵（二人相对，每窝子内各打一杵）。以上并各打平土头，然后碎用杵辗蹑令平，再攒杵扇朴重细辗蹑。每布土厚五寸，筑实厚三寸。每布碎砖瓦及石扎等厚三寸，筑实厚一寸五分。"

北宋的一些帝王陵墓尚残留陵台、神门、神庙、角阙、乳台、鹊台等，这些项目均为夯土建造。

辽代夯土，从已发掘的中京城佛寺遗址看，台基使用夯土筑实，夯层20厘米左右。顺义县辽舍利净光塔塔基、镇江甘露寺铁塔塔基均用夯土筑实的方法。辽金时代吉林他虎城的四壁是采用夯土版筑。吉林梨树偏脸古城用黄粘土和黑土间杂，分层夯筑。林口县三道通城址、城墙由夯土与泥坯混合筑成。总之，辽金时代的夯土版筑实例甚多。

元代安西王府城垣、城基甚完整，全为夯土版筑，至今夯土坚硬平整。

明代城垣建设数量之多是我国历史上最突出的一个时期，夯土版筑也得到了极大的发展。明代城池建筑，质量也达到历史上的高峰。今日全国所存在的大小城池的城墙，绝大部分都是明代所筑，或在明代补砌包砖。城心内部夯土，有的是纯黄土，有的是以黄土为主，夹杂一些砖料、石块与灰沙，分层夯筑成灰土或三合土，外皮包以青砖。据已调查的北京城、正定城、大同城、忻州、晋城、蒲州、郏县、太原、银川、洛阳、西宁、兰州、敦煌、吉林、沈阳、呼和浩特、邯郸、西安、澄城、韩城、成都、昆明、郑州、舞阳、曲阜、南京等古城都是采用这种夯筑的方法。明代夯土工程，对于分层分片夯筑更为注意，对墙体基础工程使用灰土的方法增多（按一定比例用黄土加石灰），这是对夯土版筑技术进行改进的结果。

清代的夯土和版筑方法是在明代基础上进行的，帝王宫廷建筑地脚的做法，多半采取灰土夯实法（将石灰与黄土拌匀）。这个方法在清代各种工程做法中，种类甚多（见本章最后一节）。

（二）夯土版筑的工具及施工方法

夯土版筑工具的进步是夯土版筑技术发展的一个标志，古代早期夯土版筑的工具中主要使用夯杵，这是单人操作的夯具。杵的产生，早在新石器时代人们就利用石材发明创造了。那时的杵，只是作为生活中谷物去壳的工具。据考古调查材料得知，这个杵在仰韶文化与龙山文化遗址中曾不断出现，使用它的地区非常广泛。如陕西、河南、内蒙古、新疆、东北等地区均有出土。陕西鄠县一例，石杵平直而短，杵身粗壮。内蒙古清水河一例，杵身长40厘米，上径4厘米，下径17厘米，用花岗岩制成。在张家口地区发现的石杵，都是在下部有一粗而圆的杵头，这样可使捣击的面积加大。

商代石杵从河南偃师出土遗物来看已有进步，并在当时已用到夯土墙中。从郑州商城的夯窝可断定出夯杵的情况。春秋战国的夯杵从郑韩故城出土的两只杵头，可知道当时夯杵的式样。战国已出现铁夯，如在长沙出土的铁夯头。

秦汉时期夯土版筑技术有了新的发展，夯杵也有较大的改进。陕西栎阳遗址发现大夯头（石

筑城工程夯土版筑状况分析表

工程项目名称	性质	时代	地点	夯土层厚度（厘米）	夯窝 直径（厘米）	夯窝 深度（厘米）	土质情况	夯筑方法	插竿洞眼（厘米） 距离	插竿洞眼 高度	插竿洞眼 直径	备注
亳都宫殿台基	宫殿	商汤	河南偃师	6—9	4—5		上部红色夯土下部花夯土	基址打在生黄土上				
商城	城墙	商	河南郑州	8—10	2—4 2—6	0.7—1.5	以红土、粘土为主，黄土	分层夯筑，用夯杵捣固				
殷虚宗庙	地基	殷	河南安阳		3—4			素土夯实				
周代遗址	城墙	西周	陕西华阴	8—10	6—8		黄褐色土，五花土		内城1.4—1.7 外城0.95—2.05	4—6	6—10 11—15	每隔4—6层有一排插竿洞眼 5个洞眼
薛城		西周	山东滕县	9—12	6—7		土质较沌，黄土含沙				12—14	20个洞眼
马陵古城	城墙	春秋	河南马陵	10—14	4—5			利用平夯法分块夯筑，每块长1.1米	1—2	最高处为13	9—15	最长之块为1.6—1.8米
大马古城	城墙		山西闻喜	8—12	6—8		红褐色土				5—6	
京城	城墙	郑国	河南荥阳	8—10	4—5	0.4	纯黄土	分段分层夯筑				
赵康城	城墙	晋国	山西襄汾	5—6	7		红褐色土					
燕下都	城墙	燕国	河北易县	8—12 （外城）			生黄土，纯净					
平望牛村古城	都城	晋国	山西侯马	6		2						
临淄	都城	齐	山东				杂有花土					
阴晋城	都城	魏	陕西平阴	8—9	3—4		黄褐色土	采用分块夯筑法				
万里长城	长城	秦	甘肃临洮	6—9	3—4		黄色粘土					
咸阳故城	都城	秦	陕西咸阳	3—10.5	7	0.2—1	黄土	夯筑十分坚实				
秦皇陵内墙	陵园	秦		外城6—7								
雍城遗址	城墙	秦	陕西凤翔	9								
玉门关		汉	甘肃	8			黄土	没有竖向接缝				城土塌落插竿已不清
山阳城	城墙	汉	河南修武	10—12			黄土					
汉楚二王城	城墙	汉	河南广武	7—9	6		黄土					
杨城（东城）	城墙	汉	山西洪洞	7.5	5—8		土色淡黄	采用夹板筑城				
（西城）	城墙	汉	山西洪洞	8—10	5—8		土色淡黄					夯窝不规整
禹王城（大城）	城墙	汉	山西夏县	9—11	9							
（中城）	城墙	汉	山西夏县	8	9							
长安城	都城	汉	陕西西安	8—10								
崇安遗址	城墙	汉	福建崇安	8—12			黄土		0.68—1.20	0.85		
汉城遗址	城墙	汉	江苏赣榆						72—75	90—100	12—15	
进武城	城墙	汉	河北磁县	8—11								
沙州城	墩台马面	汉	甘肃敦煌				黄土不黄	夯窝密集				
礼制建筑	宫殿	汉	陕西西安	6—9								
扶荔宫址	宫殿	汉	陕西韩城	9								
茂陵门阙	陵园	汉	陕西茂陵	4—8							8	夯窝正圆形
河南县城		汉	河南洛阳	6—10 南墙上层6 下层7 东墙7	6—10							
滑城			河南偃师	北墙4—6								插竿洞眼极为清楚共18层
崇正镇古城		隋	陕西扶风	10	12		黄土纯净					
东都左掖门		唐	河南洛阳	7—8					11—14	90	12—20	
长安城西市		唐	陕西西安	8—9—12								
高昌城		唐	新疆吐鲁番	8—12				中间夹土坯2—3层用平夯筑				插竿洞眼极为清楚
拼陵围墙	陵园	唐	陕西蒲城	6—10								
中京城	城墙	辽	内蒙古	19—21								
他虎城	城墙	辽、金	吉林	10—16	2							
偏脸古城	城墙	金	吉林梨树	10—15			黄粘土、黑色土					
统万城	都城	西夏	陕西横山	7—9			黄土加白灰					插竿洞眼清楚共18层
元大都		元										
安西府城	城墙	元		8—10				台基以上瓦砾相间，层层筑起				夯土非常坚硬

夯杵头）三件，体型为圆锥体，高27.7厘米，上部直径15厘米，用以安装圆形木柄的洞眼直径6.5厘米，深8厘米。杵之上端两侧有高3厘米，宽2厘米的竖方形孔两个。孔洞呈方锥体与柄窝穿通，内孔为1厘米正方形。这种穿孔的方法是为穿木柄而用的。杵下部为9.5厘米，整个夯头体均经过镌凿而成，底部不另外磨光，石料是细砂岩。在汉武帝茂陵出土的石夯有两件，其中之一直径9.5厘米，杵身高11厘米，底部削平磨光，上部留一洞眼，系为安装木柄之需，石料为砂岩。秦阿房宫出土的石夯头，上小下大，安装杵柄的洞眼非常明显。在夯旁有一洞，系固定杵柄之用（图4－1－8）。汉代石夯头式样与秦代大同小异，直径30厘米，高40厘米（图4－1－9）。

宋代夯土实物虽然没有大量出土，但是在《营造法式》一书中有详尽的记载，从中可以得知夯杵之情况。1972年曾在河南舞阳谢古洞遗址发现宋代铁杵头一只，正圆形，杵高20厘米，直径15厘米，顶部中心有一洞，洞口直径6厘米，洞深7厘米，此洞是为安装杵柄所用。元代在元大都居住遗址中发现石夯头甚多，用它作为夯土版筑以及在石臼中捣米均可。明清两代夯杵种类更多，夯杵分为石杵、铁杵、木杵三种，夯头大小不一；夯杵形状也有多种变化，尤其是木夯的式样更多，以至各地的木夯形状都不相同。

木杵的材料多用枣木、槐木、榆木、柏木之类的硬木。按北京地区规格，每把长1.7米，直径20厘米，上下直圆，底部削平，谓之平底木夯。一般常用的铁夯直径15厘米，高15厘米。在清代还出现夯硪，一般规律是打夯先打硪，发展到

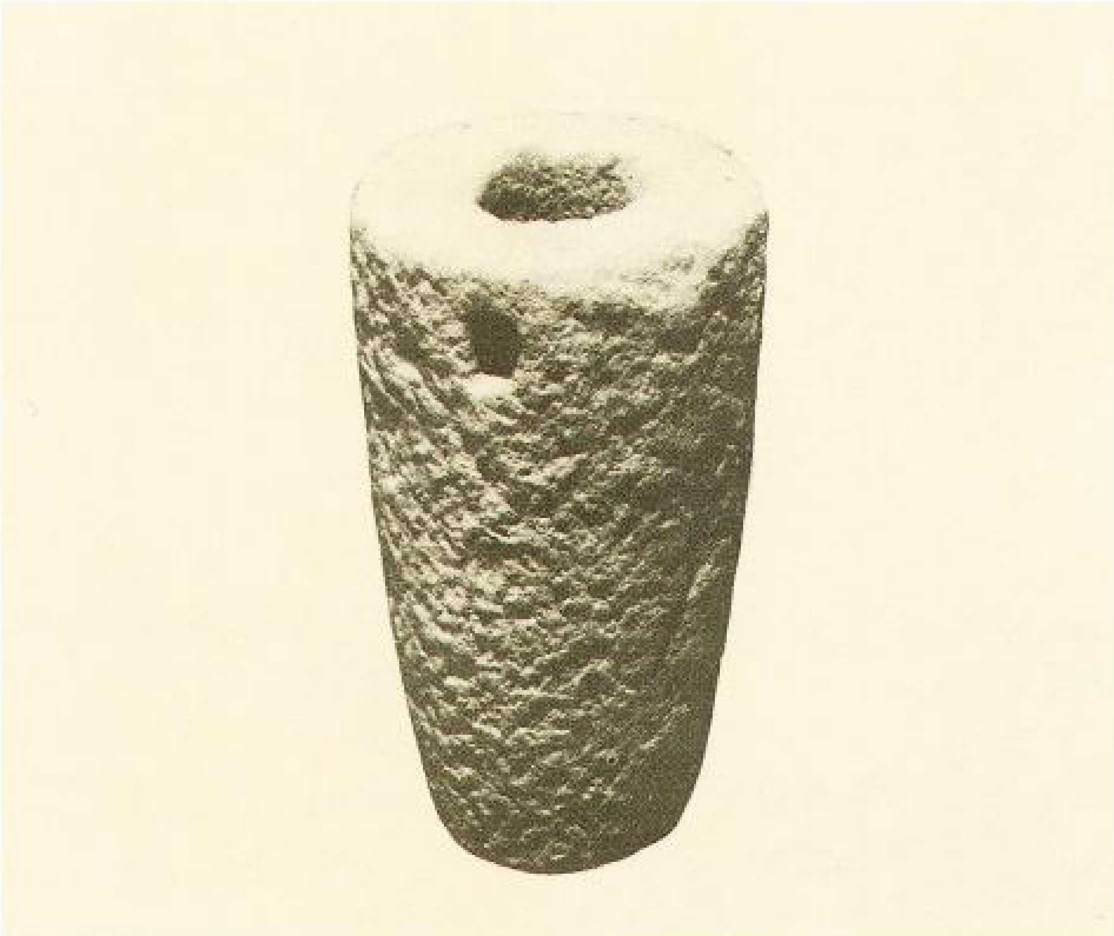


图4-1-8　陕西阿房宫出土的秦代石夯头

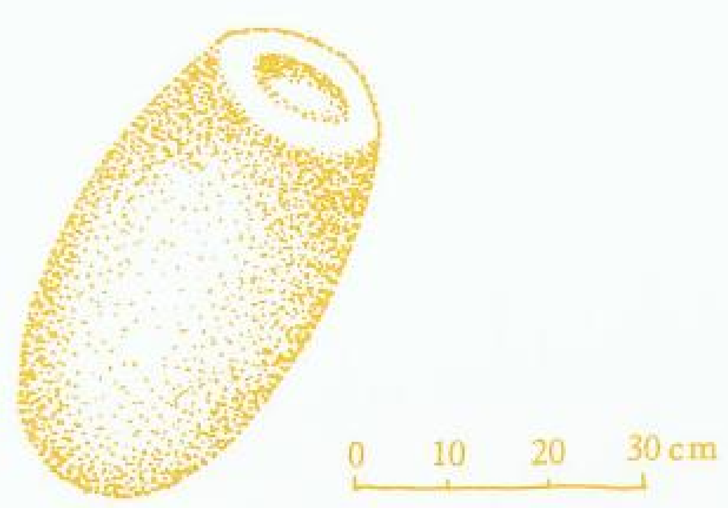


图4-1-9　陕西茂陵出土汉代石夯头

后来成为硪。硪分为石硪与铁硪，常用于大面积夯土工程中。

版筑的工具有：打墙板、椽子、插竿、立柱、横杆、绳、大绠、抬筐、扁担、簸箕等。这些工具在二千年前就曾经出现。1971 年秋调查郑韩故城时，曾在北城墙墙洞中，洞顶自然塌落，在夯层间见到有一个圆筐和一条绳子的印痕。筐的直径50—60 厘米，绳子直径2.5 厘米。清代以来，民间称呼所用的方法，用板者为板打墙，用木竿或椽子打墙者为“椽打墙”（图 4－1－10）。

我国古代建筑工程的施工方法，全部采用插

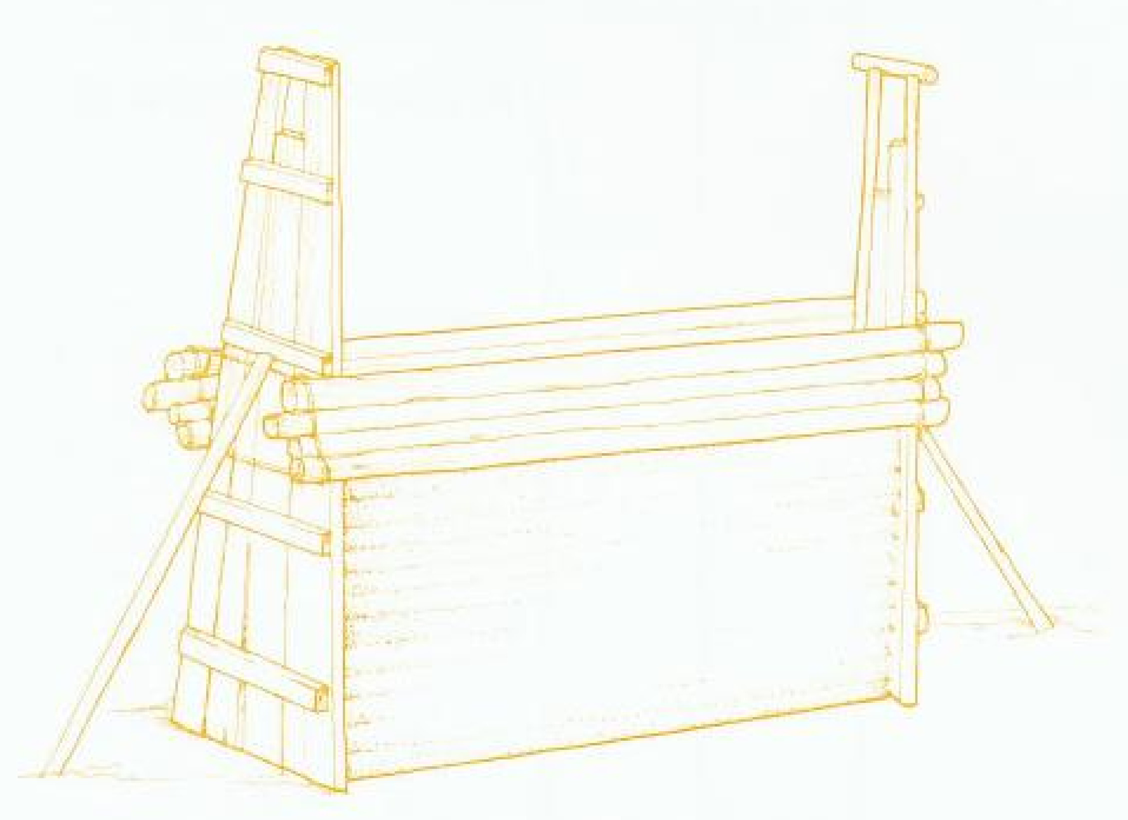


图4-1-10　关中地区椽打墙墙架图

竿脚手架施工，各城墙遗留至今的插竿洞眼可以证明。根据洞眼位置，可以推测出当时脚手架的式样。

当时的脚手架主要是插竿、立柱、互相绑扎在一起，在立柱之旁侧施木板，作为木夹板，施工时逐步提升。除此洞眼实物外，还可根据《说文解字》得知：筑墙之长板称“栽”（宋代称膊板），筑墙的端木称“干”（宋代称“墙师”）。《格致镜原》卷二十引《事物绀珠》云：“桢榦；植木以筑墙”，《说文解字》云：“榦，筑墙两旁木也”。这实际就是指版筑墙的立柱。由此证明，我国古代筑城工程的施工，必然采用插竿立柱的脚手架。在封建社会里，凡筑城之类大工程都是统治阶级强迫劳动人民筑造的，在夯土工程上往往不计劳动定额，更谈不上技术改进。清代夯土工程，根据清工部《工程做法》的记载，有大夯灰土筑法、小夯灰土筑法两种。随着工程项目的差异，以及地方性的关系，木夯的形制繁多，木夯本身重量、大小亦各有不同，因此各地打夯的方法也是不同的。一般常用的打夯方法是按工程对象区分，分为墙基打夯、大面积台地打夯、筑城打夯、筑台打夯等等。

在北京地区，墙基打夯有相对法、相背法、纵横法三种。相对法：二人执夯或四人执夯分为四小组（墙基甚窄时分为二组），自墙基两侧从两尽端开始向相对的方向进行。每组一人唱号起落自如。相背法：自墙基中心往两尽端方向进行，打至两端再重新返回继续前进。纵横法：共分二组，一组横向进行，一组纵向进行，左右交错，叫作打花夯。

大面积台地打夯有打哨夯、打旋夯二种。因为工作面大，从一端或两侧进行，易于防止地面开裂。打哨夯：是一夯接一夯地循序前进，由点到面，放射状展开。打旋夯：是大面积工程采取的环形打夯法，一种是沿周边前进，一种是小环状打夯。筑城打夯：因为城体宽大，要人多抬土，分为几组执夯，进行按排打夯。夯体虽小，但是夯的时间长，用小杵夯打，更十分周密，每层填土20 厘米，夯至 7 — 8 厘米，土质坚固，再提升墙板，墙身两侧均用脚手架进行。

筑台打夯：这种方式相当于大面积打夯。将每层打完后，逐渐上升，施工完毕后，将台子四周的积土清除，露出竣工的高台。筑台工程上料、上人，均用脚手架进行。总之，都是要按圆状打夯。这是防止大片开裂的方法之一。无论用什么样的方法，每夯下去都要半径压半径，一夯窝打三遍。在有条件的工程上要分多夯组，全面开花为宜。“举夯夯顶要过头，夯底高度超过膝”，这是打夯的一般常识。明清时期，在工程中出现的大硪，是一种重量大的工具。其打法是多人用绳子甩起大硪，拉住牵绳向下摔落。根据硪的式样、性质与质量，可分为四人、八人、十二人数组。大硪适合于大面积台地而不适于墙基工程。

夯土版筑是我国古代土工建筑技术史上发展的重要成就之一。夯土用于人工加固地基，使基础有整体性，提高耐压强度，保证建筑物的稳定。版筑墙就是农村所叫的打土墙、板打墙、椽打墙、杆打墙以及干打垒等同类夯土墙之总称。版筑的特点是：就地取材，适用方便；当墙体干燥后，保温性能好；坚固耐久，又可承重，省去木柱与砖材。它的缺点是不宜开过大的窗洞，很易被雨水冲蚀。

夯土版筑对民间建筑亦有深远意义，近数百年来，我国除了大城市而外，中等以下的城市夯土版筑土墙数量仍然很多，特别是广大农村，人们建造房屋时更是不能脱离夯土版筑的方法。我国北方、中原以及西北地区，气候干燥、黄土甚多，使用夯土版筑是有利的。夯土版筑的壁体，经济便宜，是降低建筑造价的一个途径。此外，西藏地区使用夯土版筑亦很普遍（图 4－1－11）。

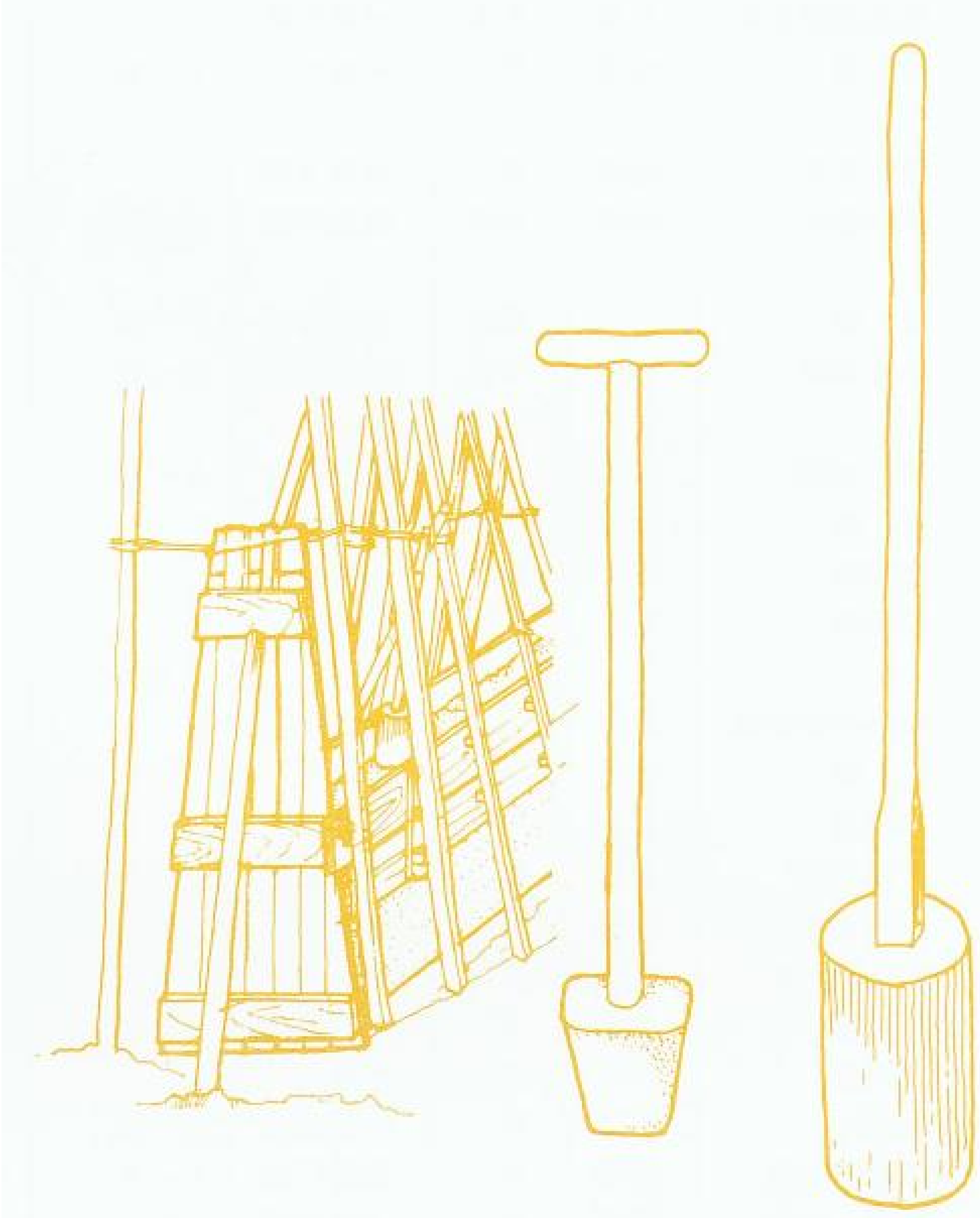


图4-1-11　西藏夯土墙墙架及工具图

二　万里长城的土工

我国的万里长城，是世界闻名的伟大工程之一。它的历史可追溯到二千二百多年以前。从春秋战国开始，一直到明代，屡次建设，总长度远远超过一万里。它有着不同的区段，为了军事防卫需要，增加了许多复线。今天，从考古学的角度通过对长城建置状况、夯土工程等综合分析，认清了战国长城、秦汉长城、明代长城的特点及各时期的施工方法。万里长城的材料，大部分用土，因此它是古代土工建筑技术的重要成果。

春秋末期至战国时代，由于铁工具的普遍使用，农业、畜业、手工业普遍发展起来，在中原出现了以政治、经济、文化为中心的大城市。如秦国的咸阳、赵国的邯郸、燕国的下都、齐国的临淄、魏国的大梁。这些大城市，当时成为北部游牧部落贵族和战国各国统治阶级之间争夺的地方。

当时在中国北方的游牧民族计有严允、匈奴、林胡、烦楼、东胡，他们经常向中原侵略，出入在阴山一带或是黄河北岸，沿着北部的各诸侯国统治者，不得不采取一些有效措施，而修筑万里长城是防备游牧部落的贵族统治者向南扰犯的措施之一。战国各国之间，也有筑长城来防御的。

战国时期的长城有：

齐国长城：西起济水（山东境内黄河），沿泰山山脉北支，东至琅琊（山东诸城南），主要是防御楚及吴。

楚国长城：又称“方城”，远在春秋齐桓公时代（公元前 685—公元前 642 年），楚国即有“方

城以为城，汉水以为池”的传统，但那时的方城是与汉水对举的，主要指的是方城山。到了战国时代，楚国才筑了方城。它的防御对象是西北秦国及北面的魏、韩等国。

燕国长城：西起造阳（河北独石口），东至辽宁，防御对象主要是东胡、匈奴。

燕南长城：西起河北易县，东至河北永清。它的防御对象是齐国和赵国。

赵国长城：西起高阙（内蒙古临河县），东至河北蔚县，是赵肃侯和赵武灵王所筑，防御对象为匈奴、林胡、楼烦。

魏国东边长城：北起黄河南岸（河南原武县），南至溱水向东作出凸出的方形，显然是保卫着大梁（开封）。它的防御对象是秦国。

魏长城（魏西边长城）：北起黄河河套，西至河西之地（陕西东北部），南接华山。防御对象主要是匈奴，其次是秦国。

目前在陕西省韩城县南马凌庄附近遗留的魏长城有两道，全部为土长城，当地人称为内长城，两城相距160米，城墙已塌落，高度不详。南城墙基部宽7米，顶部宽4米，残存高度4米。北长城体形略小，城墙下部宽5米，上部宽3.5米，残存高度4米左右，全部用黄土夯筑。内城墙往南约270米有一个烽火台。烽火台平面方形，每边长7米，台子总高10米，做出侧脚上下收分很大。从烽火台底部到台子中间的夹角梁高度为4.5米。全部城墙和烽火台都用夯土筑成，夯层厚度7—8厘米，它的规模远比汉代、明代长城烽火台小（图4-1-12）。

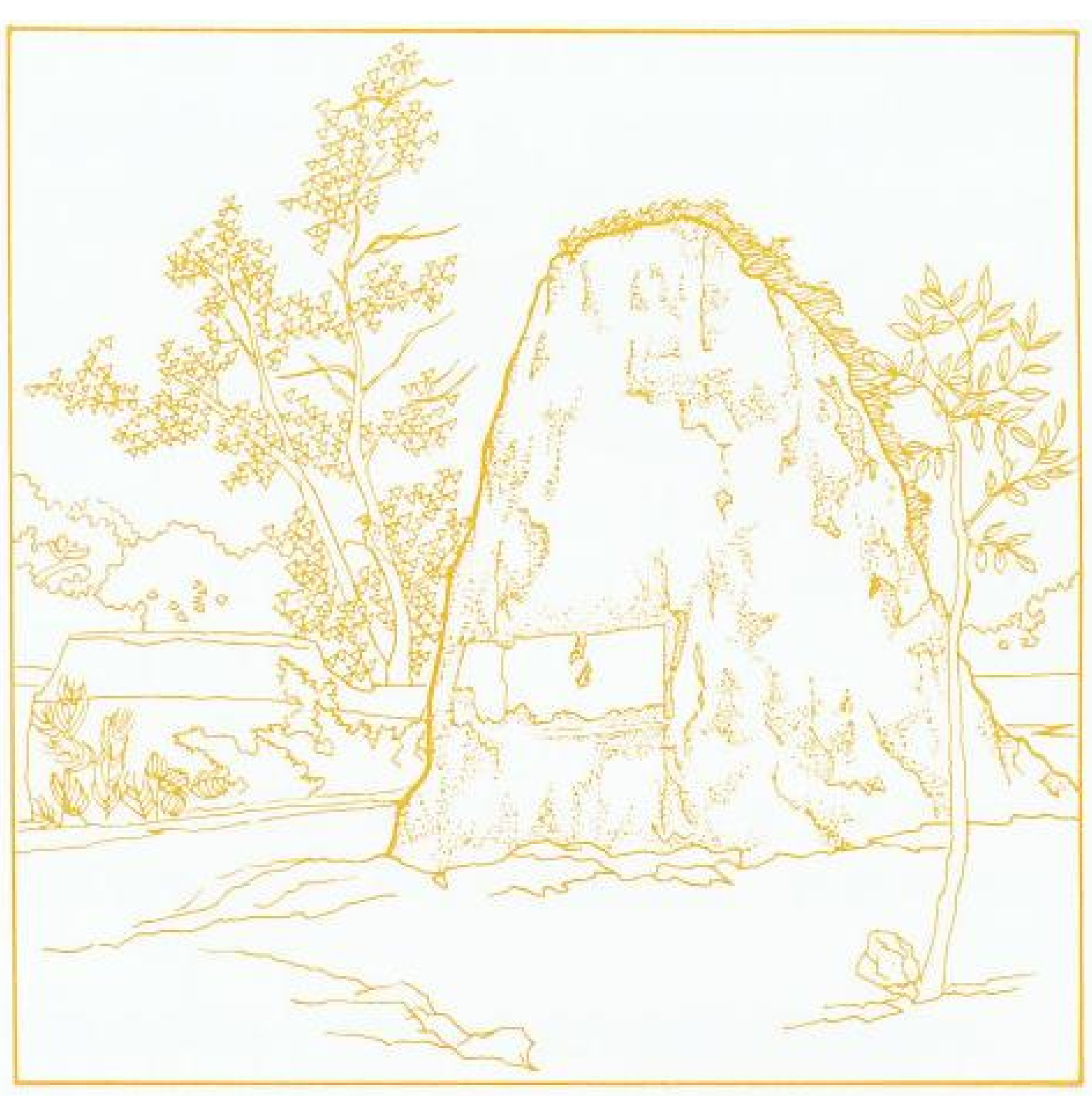


图4-1-12 陕西韩城马凌庄魏长城烽火台

这段长城的建造与位置，与《战国策·魏策》所记述的长城相符，是魏国西边长城的遗迹之一。从中可以看出，魏长城的夯土工程技术水平。

秦代的万里长城主要是防止北部匈奴贵族主向南侵扰，修筑了西起甘肃临洮，东至辽东的新长城，这就是中国历史上有名的秦始皇的万里长城。秦国修筑长城远在战国时代，那时的长城西起甘肃临洮，东北沿着黄河，直达后套，是后来万里长城的一部分。燕、赵、魏各国所筑的长城后来都加以添筑，并连接起来，也成为万里长城的一部分。到了秦始皇北逐匈奴以后，才于公元前213年用大量人力物力修筑万里长城。《汉书·匈奴传》记载：“始皇帝使蒙恬将数十万众，北击胡林，收取河南地，因河为塞，筑四十四县，城临河。自九原至云阳，因边山险堑溪谷可缮者缮之，起临洮至辽东万余里。”这就是秦代的万里长城。

秦代长城的位置：它西起临洮，东北顺着黄河，到达河套。再从临河县起，利用赵国的长城，北达阴山，南至河套、呼和浩特，再到大同、代县。往东接至燕国的北边长城，再从张家口、独石口向东，沿燕山至宣化、怀柔、玉田、锦州至辽东。秦代万里长城比现在遗存的明代万里长城偏北，也比明代长城尺度为长。秦代长城保存到今天的，如山西大同北部一段，呼和浩特包头附近一段。临洮附近还留存一段，全部用黄土筑成。城墙下部宽4.2米，上部宽2.5米，残存高度3米左右。城墙夯土用黄粘土夹杂少量的碎石筑成，用夯头紧密捣固。夯窝很小，系采用夯杵施工的。从现存下来的遗迹看，秦代的万里长城工程确是十分伟大的。（图4-1-13）

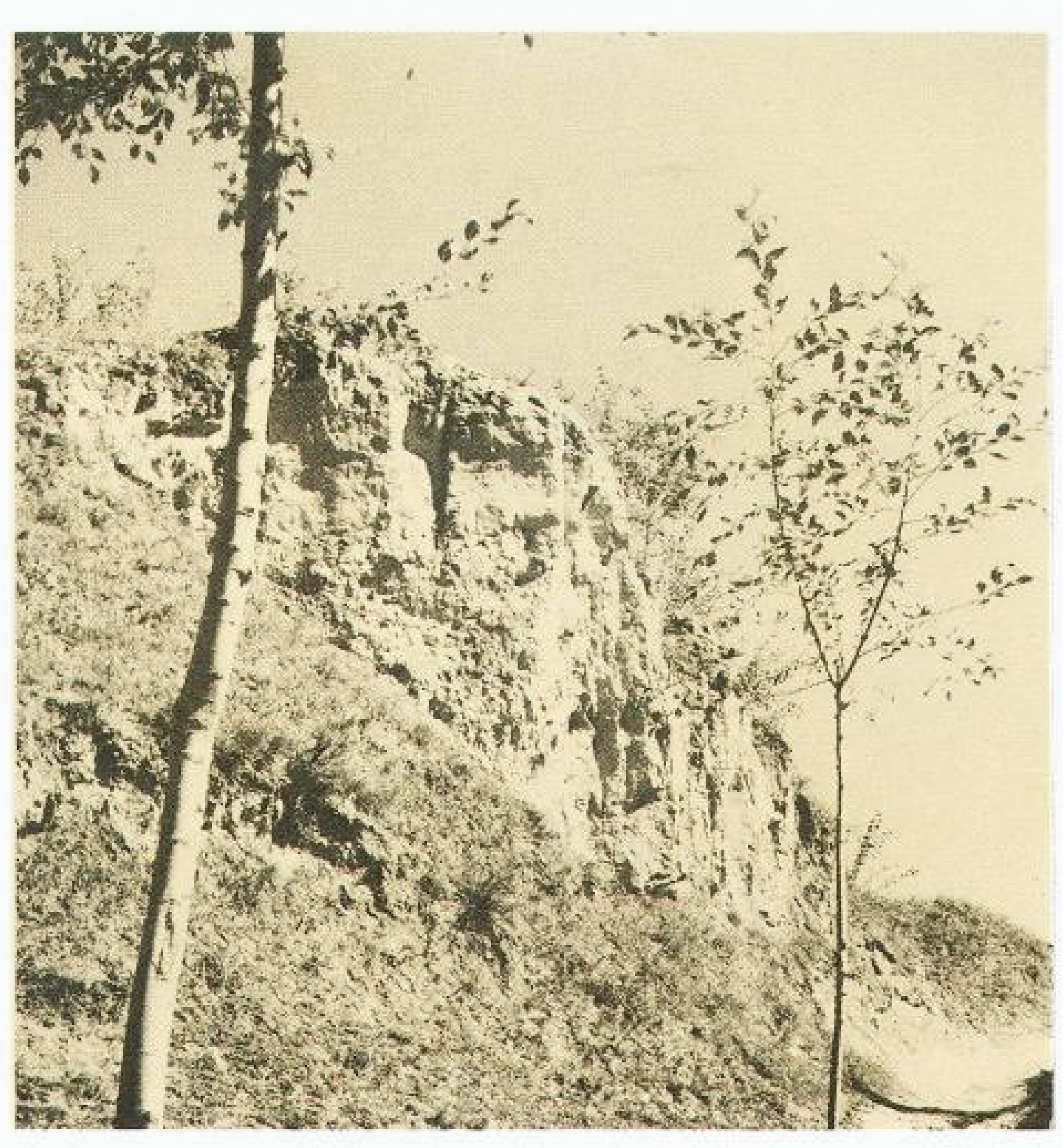


图4-1-13 甘肃临洮秦长城遗迹

汉代万里长城，是汉代重新开始修筑的。西汉初年，匈奴奴隶主贵族，连年侵扰北部地区，从汉武帝开始进行三次大规模战争。为了进一步维护国家的统一，用巨大的人力物力修筑长城1500里。从遗留城墙的尺度和烽火台的体形来看，它的规模和建筑情况，都远远超过前代。汉代除重修秦代万里长城外，还修筑朔方长城（内蒙古鄂尔多斯右翼后旗），新修凉州西段长城，建立河西四郡：凉州（武威）、甘州（张掖）、肃州（酒泉）、沙州（敦煌）等地。

凉州西段长城在甘肃境内，北端自额济纳旗居延海开始，向西南方向经过火方城、金塔县（为北长城）；从金塔县破城子、桥弯城到达安西县（为中长城）；从安西县到敦煌、大方盘城、玉门关到新疆境内（为南长城）。以上三段是汉武帝时期修筑的。玉门关关城，四面都用夯土墙，接缝为斜错相接，为了防止塌落，采用圭角形门洞（图4-1-14）。据《居延汉简》，有“五里一燧，十里一墩，卅里一堡，百里一城”的记载。据现在调查，实际上三里左右就有一燧，几十里就有一城。从玉门关一段来看，汉长城墙身下部宽3.5米，上部宽1.1米，墙身残存高4米。墙身夯筑方法，自地面50厘米开始，每隔15厘米铺芦苇一层，作为防碱夹层。芦苇纵横相交，厚6厘米。芦苇至今保存完好。墙身夯土用当地的土，土中夹杂一些细小石子，全部用夯筑实（图4-1-15）。汉代长城的烽火台，都建在长城边沿，



图4-1-14 敦煌汉代长城玉门关城墙夯土

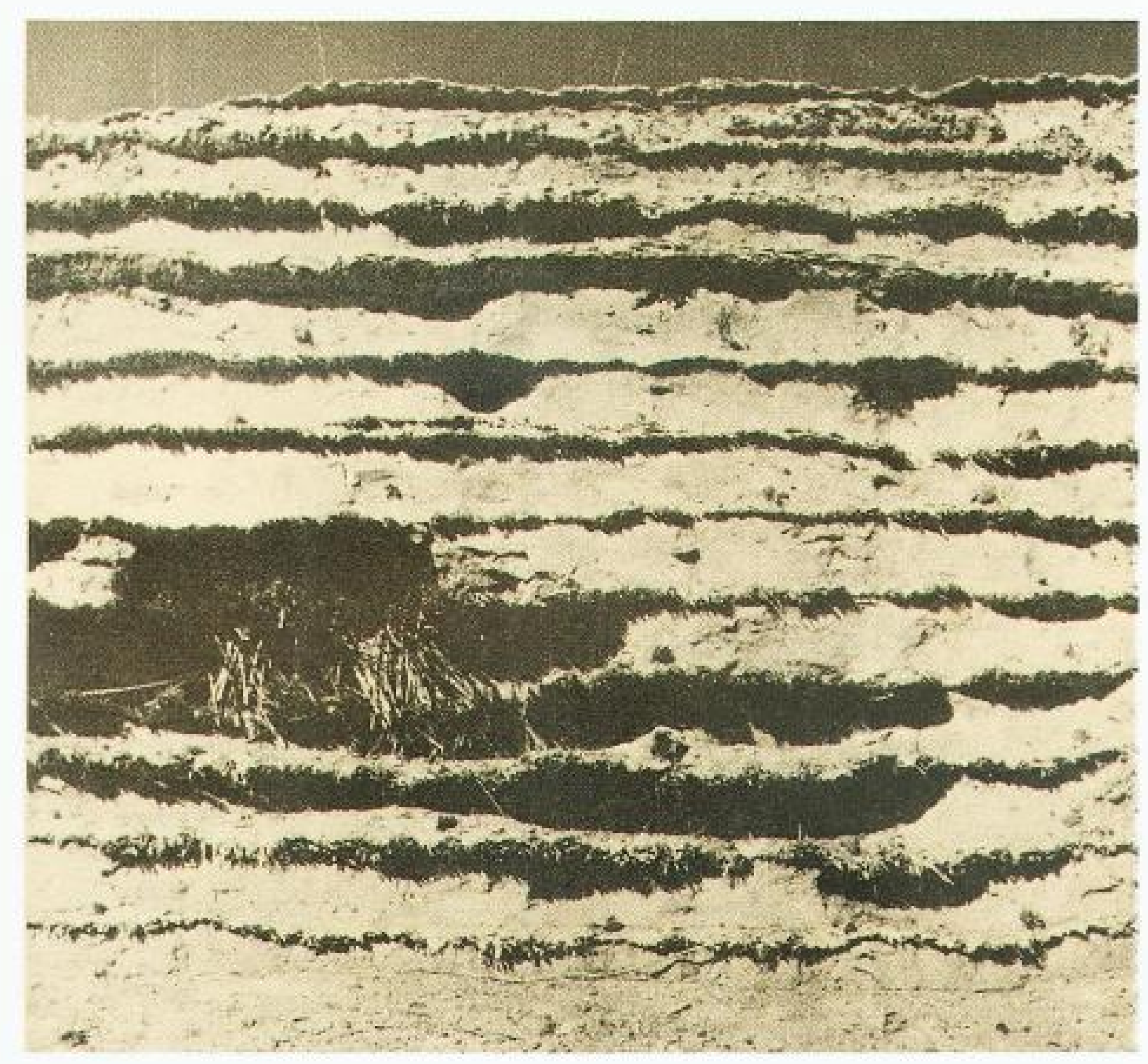


图4-1-15 玉门关南部汉代长城

有的建在长城外，也有的建在长城里边，遗留到今天的还有数百座。烽火台平面方形，每边长17米，高25米左右，四个壁面都有侧脚。一种用夯土筑成，一种用土坯砌成；也有的用土坯和夯土合筑。土坯尺寸长38厘米，宽25厘米，厚9厘米。土坯砌法：每隔三层土坯夹杂一层芦苇。在烽火台壁面上还残留许多洞眼，从洞眼的位置来分析，城墙和烽火台施工时采用插竿央板脚手架的施工方法。如甘肃金塔县天仓公社一个烽火台的壁面上，保留洞眼二排，每排四个，第一排距地面14米，二排间距80厘米，洞眼间距1.20米，可见墙

面土坯砌筑采用了插竿单排脚手架。在那千里无人烟的荒凉戈壁滩上，食宿、运输材料都很困难，兴建这个巨大的工程，显然是非常艰巨的。尤其是西北地区风沙漫天，气候寒冷，可以想象当时劳动人民进行艰苦施工的状况。

明代长城西起嘉峪关，东至山海关，总长12700里。当时沿长城设立四大镇，分段进行防守。辽东镇设在辽东省辽阳，管辖范围南起凤凰城，西达山海关，共长1950里。这一段全部为土边墙。宣府镇设在河北省宣化县，管辖范围东起居庸关，西达大同市，全长1023里。这一段地处北京外围，为了加强防卫，建造了长城九镇。大同镇设在山西大同，管辖范围西起山西偏关，东到山西天镇，全长647里。榆林镇设在陕西省榆林县，管辖范围东起内蒙古清水河，西达宁夏盐池县，全长1770里。后来为了加强防卫又设立三大镇：

宁夏镇设在宁夏银川，东起宁夏盐池县，西达甘肃清远，全长达2000里。甘肃镇设在张掖城，东起兰州，西达嘉峪关，全长1600里。蓟州镇设在河北蓟县城，东起山海关，西达居庸关，全长1200里。

明代长城分东西两大部分。山西以东为东半部，都是砖贴面或局部用石砌。东半部长城都建在高山峻岭之间，随山势曲折延伸。城墙下部宽6米，顶部宽4.5米，墙顶外设垛口，高2米，内部砌女墙，高1米。城墙总高8.7米。墙身每隔70米左右，设敌台一座。城墙两面全部使用青砖砌筑或用石构，内部为夯土。西半部长城全部为夯土筑成，墙身下部宽4米，上部宽1.6米。墙顶设有敌墙垛口，高80厘米。墙顶通道宽1.2米。城墙总高5.3米，采用夯土版筑，每版长4米。如嘉峪关北部长城，按段夯筑，实物遗留至今（图4-1-16）（图4-1-17）。烽火台建在长城两侧，有的独立建在高山上，也有和城墙接连的，平面方形，每面8米，总高12米，四面都做出很大收分。长城所用的土，就地取材。夯筑时，采用夹板脚手架的施工方法，一版长的城墙用土量，就要80立方米。一个烽火台的用土量就得800立方米。据嘉靖十九年（1540年）嘉峪关北墙出土的“第一工起”石碑记述，一工是一队，以六队为一个施工单位，按段施工前后用了一百多年。

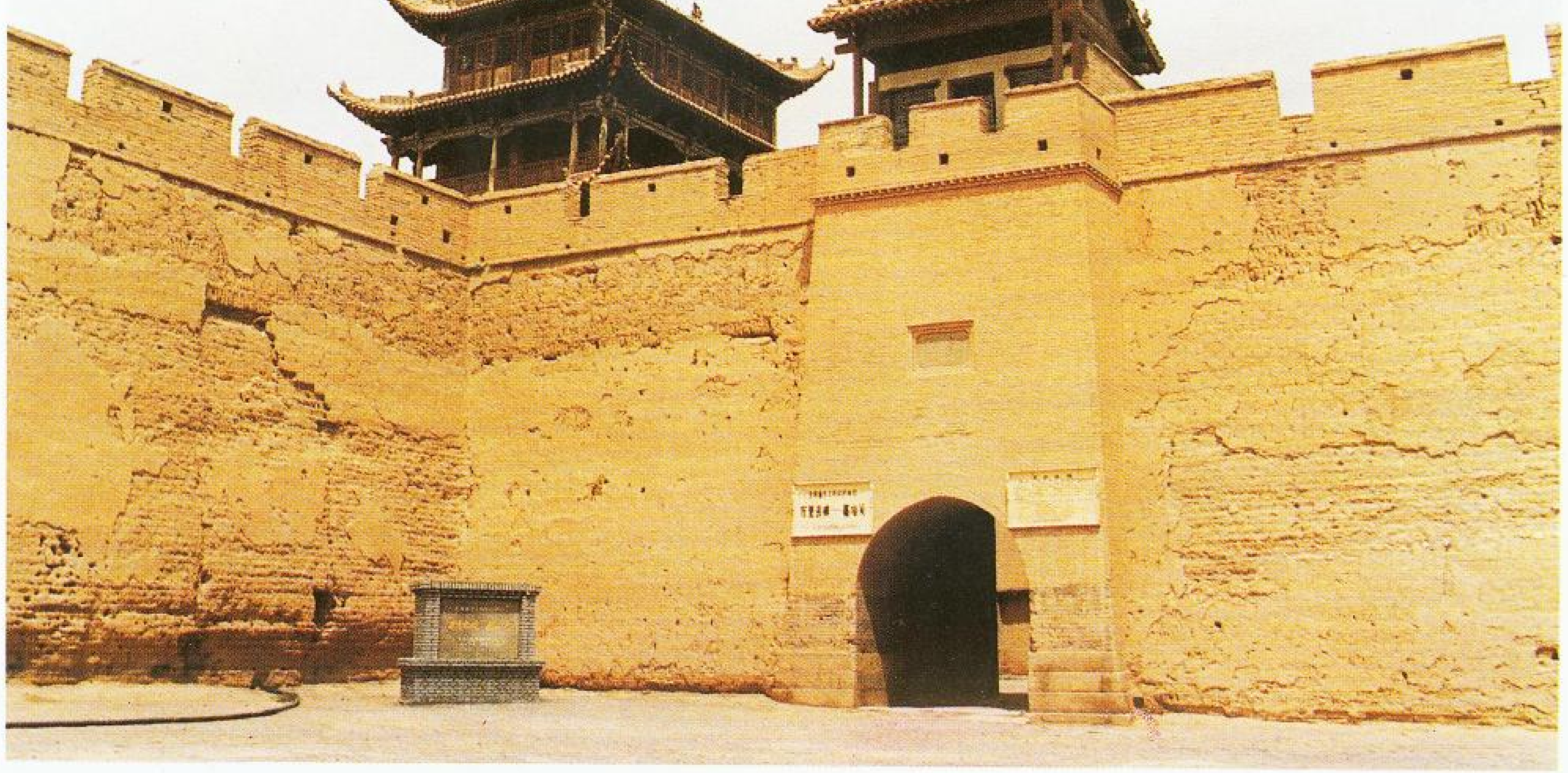


图4-1-16　甘肃嘉峪关新城公社明代长城



图4-1-17　嘉峪关明代长城

三　高台建筑的土工

高台建筑是我国古代建筑中一种类型，在我国楼阁建筑产生以前，高台建筑是古代大型建筑的重要方式之一。自从原始社会时期人们将房屋搬到地面上来，就是为了防避潮湿，理解到踞高临下，通风开敞的好处。人们逐渐选择高爽处建造房屋，这是我国建筑发展的启蒙。到奴隶社会，夏、商、周三个时期遗留下来的建筑遗址，大部分都在较高的地方进行建筑。当时建在朝歌城中，在燕内外的土台很多，1930年发掘时尚有50多座，现今尚存留30多座，台高还有6—7米，其中最高的达20多米。姥姥台夯筑四层，第三层夯土厚达13—17厘米，第二层为10—14厘米，夯窝明显。炼台上部的夯层比城墙还厚（图4-1-18）夯窝也较城墙为深。如邯郸赵武灵王城，城内外高台有16处之多，其中最大最高的台，还存留13.5米，全部都是用夯土筑成的。

侯马晋城内有52×52米，高出地面6.5米的巨大的夯土台，台顶四周有大量瓦砾。以阶梯形夯土台为基，台上层层造房屋，构成巨大体量的建筑群。当时台高、量多，真是高台建筑的大发展时期。唐代的高台建筑，根据敦煌莫高窟壁画中所反映的情况，按比例计算高有15米左右。另外在乾县出土的永泰公主墓壁画中的高台也是独立的阙楼高台。高台建筑的发展，一直流传到明清两代。

高台建筑主要用于宫苑建筑中，同时亦用于

我国早期高台建筑遗址分布

时代	古城名称	高台位置	高台尺度（米）	性　　质
郑韩	故　城		7—8	人工独立高台
郑	京　城	城中心偏北	8—9	人工独立高台
齐	临淄城			人工独立高台
赵	邯郸城	城内外有高台16处		人工独立高台
晋	侯马赵康城	城中心偏北	8	人工独立高台
燕	燕下都			人工独立高台
	滕　城			人工独立高台
鲁	鲁　城	城中轴偏北	6	人工独立高台
秦	咸　阳	阿房宫在城南	10	人工独立高台
汉	未央宫	城内西南角	12	天　然　高　台


图4-1-18 河北易县燕下都"炼台"夯土

寺院、庙宇、城工建设上，数量甚多，它的遗址至今仍然可寻。

高台建筑的构造和做法大体分为两大类：

一类高台建筑的台，就是利用天然土台，或者是人工夯筑的土台，在土台顶部建造宫殿楼阁，这种形制的建筑称为高台建筑。土台最高的有30多米，一般的都在5—15米。台的平面大小不完全相同，一般由200到7000平方米，其中最大的在一个台上建设一座城市。如陕西省富平县城，将全城建在一个高大的土台子上，利用高台做为防护墙，使全城得到安全。

第二类高台建筑的土台，利用原有的土台或者夯筑的土台，在台子周围贴着土壁建立木柱，利用土台子的壁面做为墙壁，一面立柱，建成楼阁，在台子上面亦建造楼阁，这样的高台建筑在秦汉时期已经盛行了。例如咸阳秦代一号宫殿就是这样处理的高台。

高台建筑居高临下，宏伟壮观；建筑本身通风防湿，接纳阳光好，居住十分安全。所以在封建社会，高台建筑得以发展，是因为它符合统治阶级的需要。高台的台子分为两种：一种选择利用天然土台，分为依台、半台、台顶、依山、半山、山顶几种情况。例如山西五台山，将五个台上都建立庙宇，充分代表天然的独立的高台。多数用它建造宫殿、寺院、庙宇、苑囿。另一种是由人工夯筑的大台，规模不如天然土台那样大，仅在宫殿、寺院、庙宇、苑囿的局部建筑中建设之。台子四周砌砖，有的将夯土切齐。凡在一组建筑中，将重要的建筑建在台上，以增强宏伟壮观。兹将近年来新查到的高台列表分析如下：

地　区	有高台的寺庙	高台性质分析	高台建筑状况	台子面积（米）	台高（米）	备　注
宝　鸡	金台观	周边镶砖	半山式	41×41	20	人工加工
西　安	著福寺白衣阁	砖台方型	独立式（寺内）	15×15	6	人工加工
合　阳	会帝庙	大土台	天然独立式	18×18	12	人工加工
邠　州	大佛寺	砖台	依山式	30×20	20	人工加工
合阳	文庙尊经阁	砖台	独立式	15×25	6	人工加工
户县	古楼观	砖台	半山式	15×20	8	人工加工
韩城	司马太史公祠	土台	山顶式	45×30	30	人工加工
武威	雷公庙	庙院人工土台	人工土台	30×25	7	
武威	文庙青阁	庙院人工土台	人工土台	11×11	4.5	
武威	海藏寺正殿高台		人工土台	40×30	5.2	
古浪	大土门过街楼	庙院人工土台	人工土台	9×9	6	
富平	县城高台		天然土台	1500×1520	8	

高台建筑是古代劳动人民用了极大的力量来建设的。当时由于材料的限制，就利用夯土作为高台，这是一种利用土工技术的创造性方法。我国高台建筑很多，有的已经毁去，只留下一些土台，有的还保留到今天，它的工程是十分宏伟的。

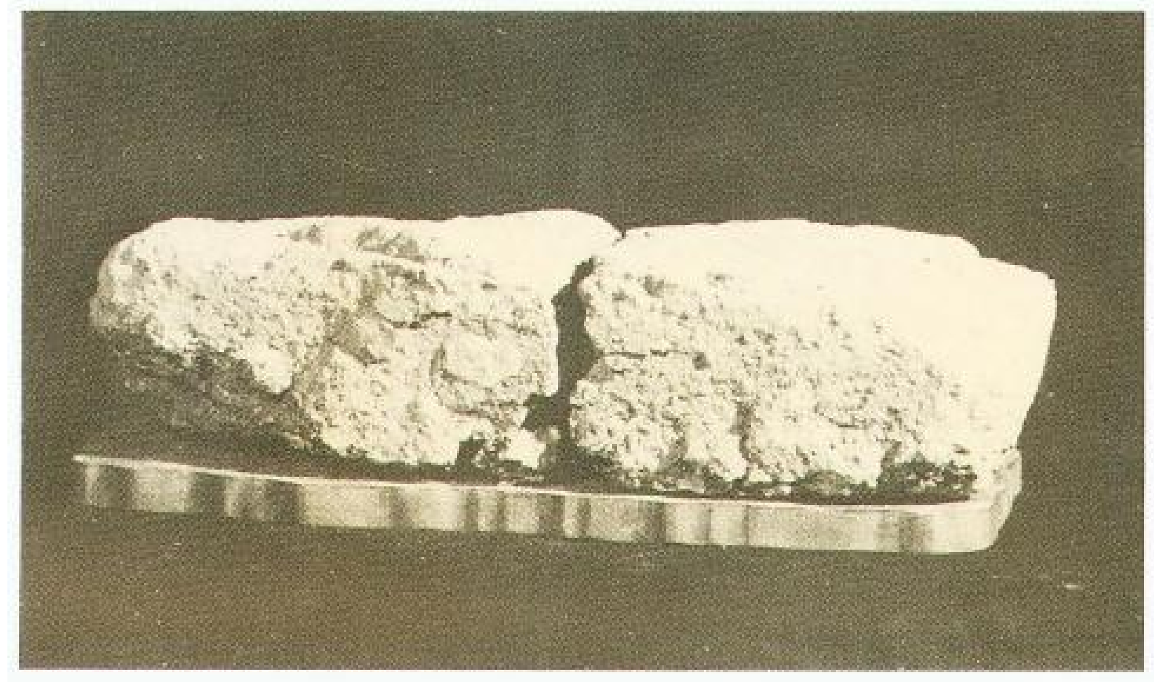
第二节 土坯工程技术

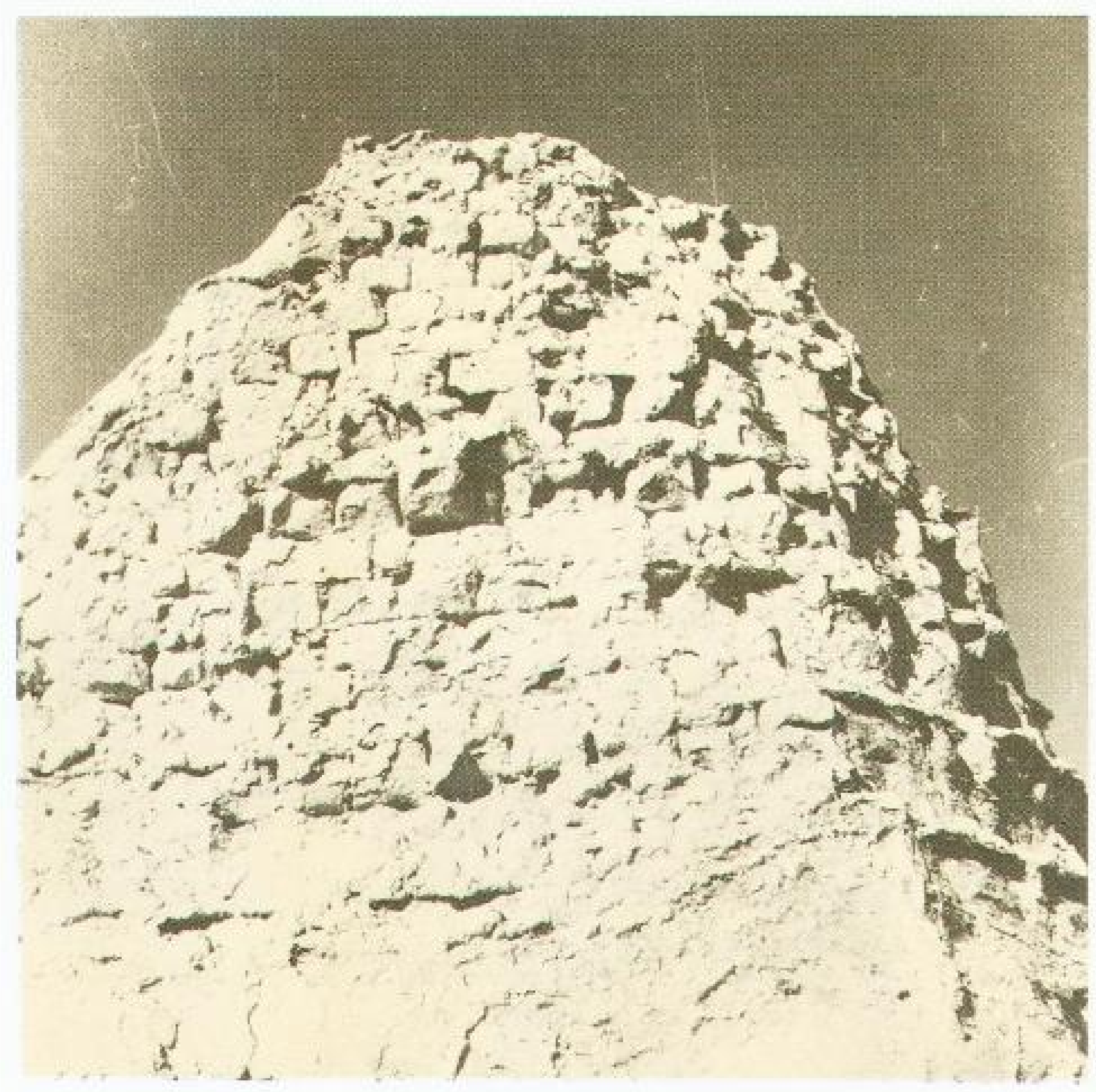
土坯是建造居住房屋的主要建筑材料之一。土坯的砌筑技术在氏族公社时代就开始了。随着社会的发展，它一直被广大人民所应用，积累了丰富的经验。

原始社会人们的生活与土有着密切的关系，当时处理地面用夯实打平的方法，并且出现垛泥墙和夯筑土墙。由于打土墙不够灵活，所以人们就开始把土制成小块土坯。用土坯砌墙，施工可以运用自如。目前所知最早的土坯在河南永城龙山文化晚期遗址中。在历史上，土坯和夯土版筑的方法同时向前发展。在奴隶社会，土坯的运用更加广泛。西周时期，已经运用了大块土坯（据周原发掘资料），长47厘米，宽17厘米，厚为7.5厘米。不过那时只将土坯运用在砌筑台阶和整齐的边线部位。

由土打墙到砌筑土坯墙，是一项巨大的技术进步，也是建筑材料的一大革新，它为砖的出现作了准备。

封建社会初期，诸侯战事频繁，春秋战国筑城发展，除夯土筑城外，在城门洞口和局部地方使用土坯或用土坯建造局部城墙。当然也用土坯建造房屋。秦咸阳遗址中发现使用土坯砌的窑顶，有的房屋中还用土坯砌墙。汉代的土坯墙叫做"土墼墙"。颜师古云："墼者仰泥土为之，令其坚彻也"，《后汉书·周行传》云："行廉洁无资，常筑墼以自给"。西汉的土坯块（图4－2－1）在巩县有出土，块状宽厚；西汉时代建造的河西段长城烽火台，其中一部分是用土坯砌筑的。当时砌筑的长城城墙非常坚硬，土坯非常完整地保存到今天。汉代长城烽火台（图4－2－2）土坯块长35厘米，宽30厘米，厚18厘米。砌法有两种：一种是干摆砌筑，没有任何筋骨；一种是在土坯内加筋，增加坚固性。


图4-2-1 河南巩县出土西汉土坯


图4-2-2 甘肃金塔县汉长城土坯烽火台

在唐代交河城，北段墙基由约二尺宽之四方形土块叠垒而成，城中庙宇建筑的墙壁均用长方形土坯砌筑。哈拉和卓城墙为黑沙泥土坯所砌，墙高约4米，周长140米。

辽代土坯墙，从山西应县木塔第一层柱间墙所砌土坯可以说明。宋代用土坯砌墙，用土坯建塔，在敦煌都有实例遗留。新疆地区早已用土坯砌筑穹窿顶，所留遗物最早是十六国时期石窟以前的建筑。

元代运用土坯非常广泛，北京护国寺土坯殿可以作为一个典型例子。敦煌元代的土坯塔（图4－2－3）说明元代使用土坯建造各种工程。土坯塔的砌法是立坯与横坯交叉进行。

明清两代运用土坯随处可见，如山西、河北、陕西一带明代建筑土坯墙的实例不胜枚举；清代



图4-2-3　敦煌土坯塔

遗物，几乎遍于全国。

我国幅员广大，从平原到山区，土质结构不同，加上各地气候和生活习惯的差别，因此对于土坯的运用和制造方法也各不相同，各地都有不同的砌筑技术和自己制作土坯的方法。

土坯可以砌出各种式样的砌体，如房屋的墙壁、外墙与隔墙、屋内的火炕、小型搁置土台、火墙、火炉、烟囱、院墙、大围墙、粮仓、城墙以及重要的军事性防御工程等，它使用广泛，和人们的生活有着极为密切的关系。

土坯的制作技术全国各地不同，我们就最一般的常用方法讨论如下：

选土：制做土坯之前，要经过选土。要选取土质纯、没有任何杂质的纯黄土、纯黄粘土、黑粘土，并掺入少量细沙。在纯净土质较多的部位，开设土坯场地，进行施工。凡要大规模制做土坯时，要建设临时性房屋以备操作之用。施工时对土要经过细筛，将土中杂质去掉。为了使土坯达到抗压力强，选土时切忌土中夹杂腐化物与有机物。土坯的质量好坏，和选土有重大关系。

制泥和土：将经过筛选的土加水闷上，经过一定时间，当水与土达到饱和状态、不干不湿时，用锹反复和泥。水与土之比以经验得之。施工制做之前，还要取生土（未加水之土）放入泥中和拌，这样生熟结合，和至半干并具有粘性，再施工制做。这样的土坯才能达到坚固耐久的要求。

坯模：制坯必须有木模，方能使块状大小一致。坯模形式很多，最常用的分为两种：一种是固定坯模，一种是活动坯模。主要根据需要进行选择。

制坯：制坯有四种方法：第一是手模坯。在华北和东北都用手模坯，先在场地选一块平地，将坯模平放，将土装满坯模中，再用手刮泥土使之与坯模高度相等，过一段时间再将木模提出，用水洗净，再行制做。这种土坯性能较差，必须在砌筑高大的墙中才能运用。第二是杵打坯。杵打坯是先在场地设置具有平面的石块，将坯模放在石面上，装土后用石杵捣固，再打开木模取出。这样做，土坯性能好，坚固异常，可用在抗压力较大的部位。第三种方法是水制坯。制坯场地选取在低洼的平地、土质适宜的地方。先将场地放水引平，当这部分水分蒸发后，泥土处于半干状态时即切成坯块，取出晾晒。这种方法多在南方使用。第四种方法是垡子坯。这是在湿润的大草甸子上进行取坯的一种方法。在选取场地时，找有长草根的平地，一般在草甸子找出平地。当草甸子半干时，可直接挖取坯块，进行曝晒成坯。这种坯的性能较好，坯内夹杂许多草根，起到固结作用，使土坯坚固耐久。前两种是人工制坯，后两种是天然取坯，都是“就地取材”。

在土坯内加筋，有加放羊草、稻草、竹筋、木棍等等，其目的主要是为了增强土坯的抗拉、抗剪、抗弯等能力。木棍土坯用来安装在门窗口上，当作横梁。

制做土坯，应当在少雨干燥季节进行，这样易于干燥和收藏，防止在阴雨连绵时期制做。当土坯干燥后，全部收齐，垛在一起，存在防雨棚中，以备使用。农村往往没有防雨棚，则垛成双坡顶的坯垛，上部苫草，以防雨水。

土坯施工制做的工具，一般常用的有：铁锹、二齿钩、三齿钩、水桶、木模、石板、石踩子等，全国各地大同小异，但各有自己的特点（图4－2－4）。



图4-2-4　制作土坯工具图

土坯的特征：在北方具有防寒、防风的作用，在南方则有防热的作用。它还具有隔音、防火、防震的性能。土坯就地取材，经济实惠，是一种比较经济实用、物美价廉的建筑材料。

用土坯砌墙时，先打地基，墙基脚一般做法有三种。夯实土，就是一般的素土夯实，最为简单；砖基脚，即在墙基部用砖，不使墙体反潮；石基脚，做法同砖的一样。这三种墙基以石块基础为最好。石块立砌，相互挤紧，抗压力强。

用土坯砌墙身计有五种方法：

①全用土坯。在一墙之内，里外上下全部用土坯。

②填心砌法。在一堵土坯墙内，上下四面都是砖壁，只用土坯填心，叫做填充壁。

③半土坯墙。在一堵墙壁上，上半部全用土坯，下半部全用夯土墙，叫做“金镶玉”。

④空心墙。在墙之内用土坯砌筑，全部做空心横砌。

⑤土坯与砖混合墙。在土坯墙上部分用砖包边，或者是砖包皮，中间为土坯。

各种墙的厚度根据需要决定。各种墙壁砌成后，两面抹泥，或者夹砌瓦片成行，作为防水线，保护土坯以延长其寿命。

墙顶防水处理：墙顶加山头，加盖砖瓦顶，加土夯实或用石片顶。无论用什么方法，目的是为了防水。

除了各式的土坯墙壁外，还用土坯砌成大型土台，如汉长城的烽火台等。到元明时代，在甘肃敦煌还用土坯砌塔。土坯砌的喇嘛塔，都做成圆形，对土坯进行砍削加工，与砖材造塔的形制基本相同。土坯塔建成后，表面要涂以白灰泥，既能防雨，又可增加美观。在新疆地区高昌等地汉唐时代还用土坯砌出拱顶，这种实物一直保存到今天。土坯拱跨度可达2.8—3.2米，一般采用三心圆拱。

土坯尺度举例

地点	土坯尺寸（厘米）	加料筋	备　注
吉林	24×18×5	加羊角	吉林筏子块40×22×15
辽宁	26×18×5	加羊角	
北京	30×19×7	加　草	
湖南	30×24×7.5	加草根	
云南	39.5×28×10	加　草	可砌三层土楼
四川	38×26×9	干　打	
河南	36×18×6	加　草	
山西	38×18×8	纯　土	
陕西	干制坯 {35×20×5 38×25×6	纯　土	
	湿制坯 {35×25×13 24×26×15	干　打	
新疆	39×25×18	纯土，干打	可砌土楼及拱

第三节　土窑洞工程

我国古代穴居，历史悠久，远在万年以前，原始氏族公社的人们就挖地为穴居或半穴居。有圆形平面和方形平面两种。《易·系辞》载：“上古穴居而野处，后世圣人易之以宫室，上栋下宇，以待风雨；盖取诸大壮。”宋罗泌《路史》“有巢条”云：“太古之民，穴居而野处。”除文献记载外，在近年黄河流域考古发掘中得知，氏族公社建筑遗址中出土的房屋都是穴居，数目甚多。这就充分证实了我国原始社会穴居的存在。

此外，在我国历史上，东北、西北、新疆等地各少数民族地区也存在大量的穴居。从文献上看，挹娄、易吉、靺鞨、女真、高昌、蒙古的住屋也以穴居为主，如《三国志·魏志》卷三十东夷传记载挹娄住房“处山林之间，常穴居，大家深九梯，以多为好”。《隋书·东夷传》记载靺鞨住居“地卑湿，筑土如堤，凿穴以居，开口向上，以梯出入”。蒙古窑洞在《中华全国风俗志》穴居条也有记述。少数民族地区，历史上交通不便，保持穴居一直到很晚。

明清两代黄河流域的土窑洞，是历史上流传的一种居住方式。宋代已有大型窑洞，据宋郑刚中《西征道里记》载：当时武功的窑洞已有数里长，中间可住千余户人家。我国中原及西北各地为黄土区域，土质坚韧，对于开洞筑窑是十分有利的。

据调查所知，现存土窑洞和古代穴居有着非常密切的关系，不过在开凿方法式样上，远比古代穴居有很大的进步。窑洞不同于夯土，它不曾改变土的天然结构，只是利用天然黄土层自身的力学性质。它要解决的问题是：窑洞位置选择、洞型选择、防裂、防塌、防水的措施。兹根据我国中原及西北地区现存的五个大窑洞区，分述如下：

一 晋中窑洞

山西晋中地区各县人民挖筑不同形式的土窑洞，作为住宅。其中以太原、平遥、太谷、祁县、霍县、介休等地为此区窑洞的典型代表。

晋中窑洞遍于各县的广大农村。凡有丘陵与山地者，都倚山挖洞，没有山的地方在平地挖掘地窑。也有的富裕人家，在洞前端留出一个宽大的院子建设房屋，用院子将房屋和窑洞连在一起，互相结合构成一组住宅的整体。如平遥县东住宅窑洞，东西两厢各建三间，正房五间，此外还用窑洞组成四合院。大户人家，开挖窑洞一般按三间或五间排成一列，或者是开地挖院，方形院子，每面三间，一宅计有十数间窑洞。这是一户一院的挖洞方法。窑洞的尺度，每间 2.5 × 5.6 米，间与间之间，都有洞门相通。再大些的窑洞在洞口前端加建廊子，还有的在洞口之上相当的距离再挖一层开斜坡，直接入内，如同楼房。还有的窑洞，在中间挖出“T”字型庭院。这种做法土方工程相当大，耗费人力甚多，颇不经济。窑洞口一般做半圆形拱券和尖拱券二种。在圆形拱券内砌墙，在墙壁上又发卷二道或三道作为门窗的洞口。这样一来，大券、小券内外相错，使得洞口券脸非常调和。凡窑洞的顶部做平顶的，则必须做女儿墙，并且留出水口，或简单披檐。如邢村一个大宅，自平地挖入地下，成为“地坑院”，只在中心部位留出一个天井，作为采光通风用。在天井内再向四面挖洞，计有窑洞十数间，从斜坡道进入院内。这样窑洞居住比较安全，并节省大量木材和其他材料。

二 豫西窑洞

河南窑洞的分布，主要是在黄河南岸的几个县区，如新安、孟津、偃师、巩县、汾阳、孝义、洛阳等地，其中以洛阳为最多。以豫西为主，称为“西窑洞”。当地居民挖筑土窑，遍布各县的村庄，主要是由于当地黄土丘陵起伏，地形变迁特别大，在平原上突然低下去 4 — 5 米，又出现一块台地，切面都是壁陡如削，当地的人们就沿着这个陡削的崖面开挖窑洞，作为居住房屋。

河南窑洞大体上分为三种形式：单项窑、天井窑、混合窑。平面仍以间为单位，尺度在 3.5 × 6 米左右，按进深方向向内开洞，成为前后的套间。一般采用直洞，做横洞的很少，因为直洞可以采光，横洞则不能。在洞口部位，用砖砌一个护坡墙，上部支出简单的檐子，以防止进门处的土块崩裂，俗名为“砖贴脸”。其建置大小，系根据洞口的大小、层数的高度而设计的。洞口砌正圆形砖拱，窗子仅利用门上的拱券部位开窗，没有其他窗户，这是河南窑洞的一个特点。天井窑，一般一户一个天井，天井留在中间，四面做窑。天井当中有渗井，这与陇东一带的地坑庄子的做法不完全相同。房屋与窑洞混合组成的窑院是将房屋建在窑洞口的边缘，后一部分是窑洞，前一部分为独立房屋，组成一个整体。其目的是为了夏日居窑洞，冬日住土房，可以兼顾“冬暖夏凉”。这种做法在豫西普遍存在。

三 陇东窑洞

陇东窑洞（图 4 - 3 - 1）分布在甘肃平凉地区和庆阳地区，如平凉、合水、环县、宁县、灵台等地。陇东窑洞有它自己的独特风格，平面以一户一洞为主，也有的人家连续建立三洞，或者在

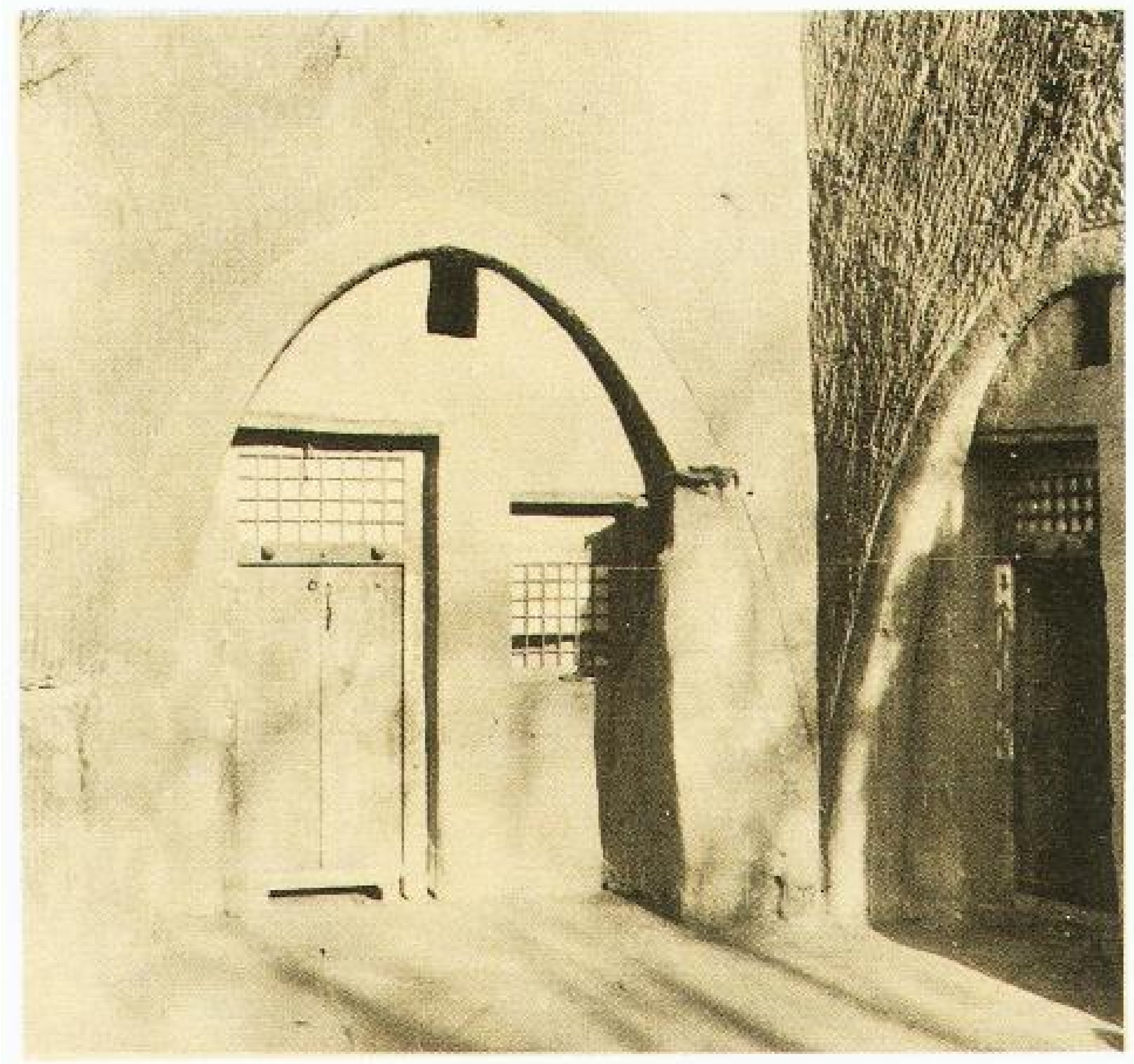


图 4-3-1　甘肃宁县陇东窑洞一隅

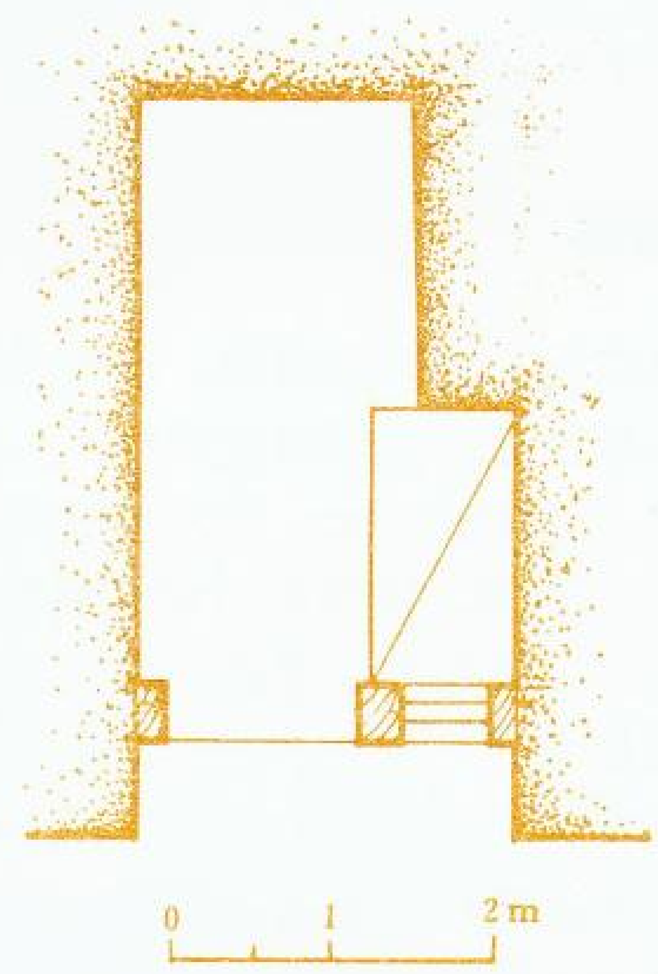


图 4-3-2　甘肃宁县陇东窑洞平面图

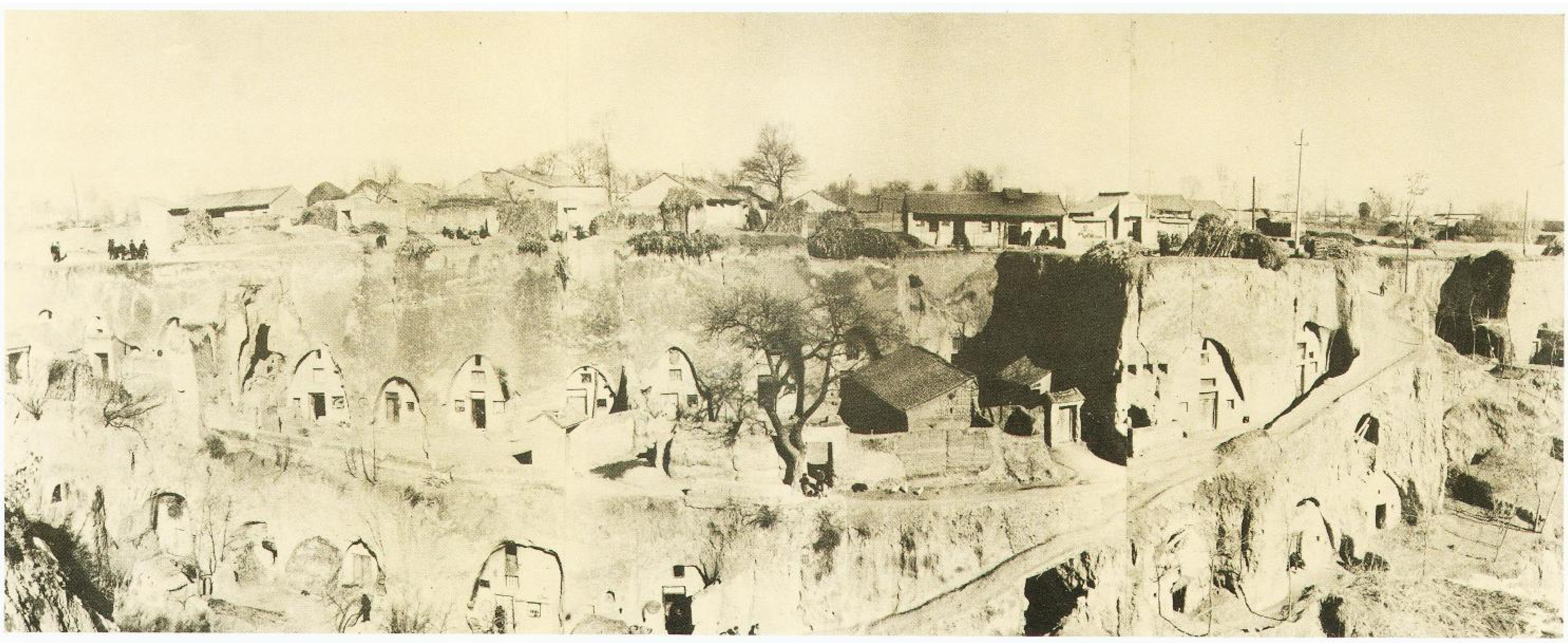


图 4-3-3　甘肃灵台县窑洞全景

一洞之内建造横洞，作为储藏之用。洞前脸中心为正门，门左侧开方窗，窗下砌墙。门的上部设有通风采光窗。正门开在前墙之中心，洞内靠窗砌火炕，向阳温暖，光线充足，成为洞内人活动的中心。陇东窑洞的特点是拱顶做尖心券，上部重量直达壁体，没有坍塌的危险，而且美观大方。洞的前券高而跨度大，后券低而窄，构成前大后小的式样。这种构造方法，也是为了便于窑洞深处采光和通风。拱顶高度一般3米，面阔也是3米，进深一般在5—6米之间。

陇东窑洞有三种形式：地上横洞式、半地坑式、平地挖下去的地坑庄子式。此外还有土坯式窑洞，虽然都是土筑窑洞，但各有特殊构造方法，产生不同的式样，具有独特风格（图4-3-2）。

陇东各县村庄常常出现窑洞群。以灵台县为例，在一个村庄内看不到几座地上土房，百分之九十以上都是挖洞居住。窑洞群主要是利用深沟与土崖，悬崖断面一洞接一洞，同时开挖2—3层。如灵县一村窑洞群，在土原顶上建设土房，在土原断壁开挖窑洞，有高有低，有大有小，洞外建设土墙，也有建设门楼，选地自然，琳琅满目，足以代表土窑洞工程的水平（图4-3-3）。

四　陕北窑洞

延安窑洞代表着陕北窑洞，平面尺度一般为3.2×6.35米，成为矩形房屋式样，土炕设在屋子的最后部。因为窗子大，洞内光线明亮。洞口高度3.18—3.40米，拱顶前后略呈斜度。外观的券边和券顶，全部用石块镶砌，坚固整齐，美观大方。特别是券口，成为半圆形，宽大开阔，木窗图案变化多。除了槛墙外，满洞口都做成花窗，其面积大大超出所需要的采光面积，成为陕北窑洞的一大特点（图4-3-4）。陕北窑洞分为土

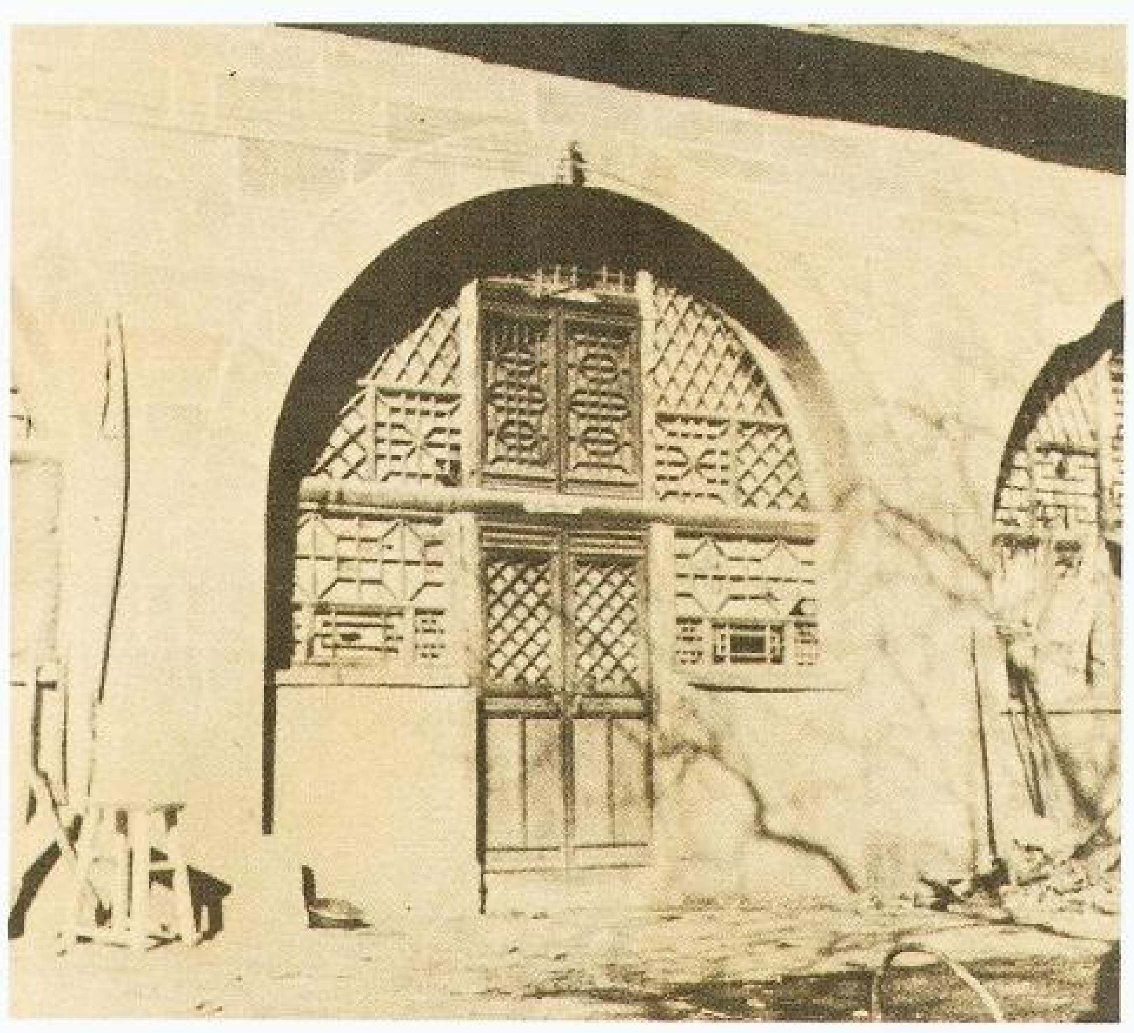


图4-3-4　陕北延安窑洞

窑与石窑两种：土窑券口砌石边，内部为土，冬日居住非常温暖，故人们喜欢住土窑；石窑洞全部用石块砌筑，虽然坚固整齐，但居住其中比土窑寒冷，多半利用它作为公共设施如办公室、学校、储藏室等。

陕北窑洞以延安、绥德、米脂、榆林等地为最有代表性（图4-3-5）。

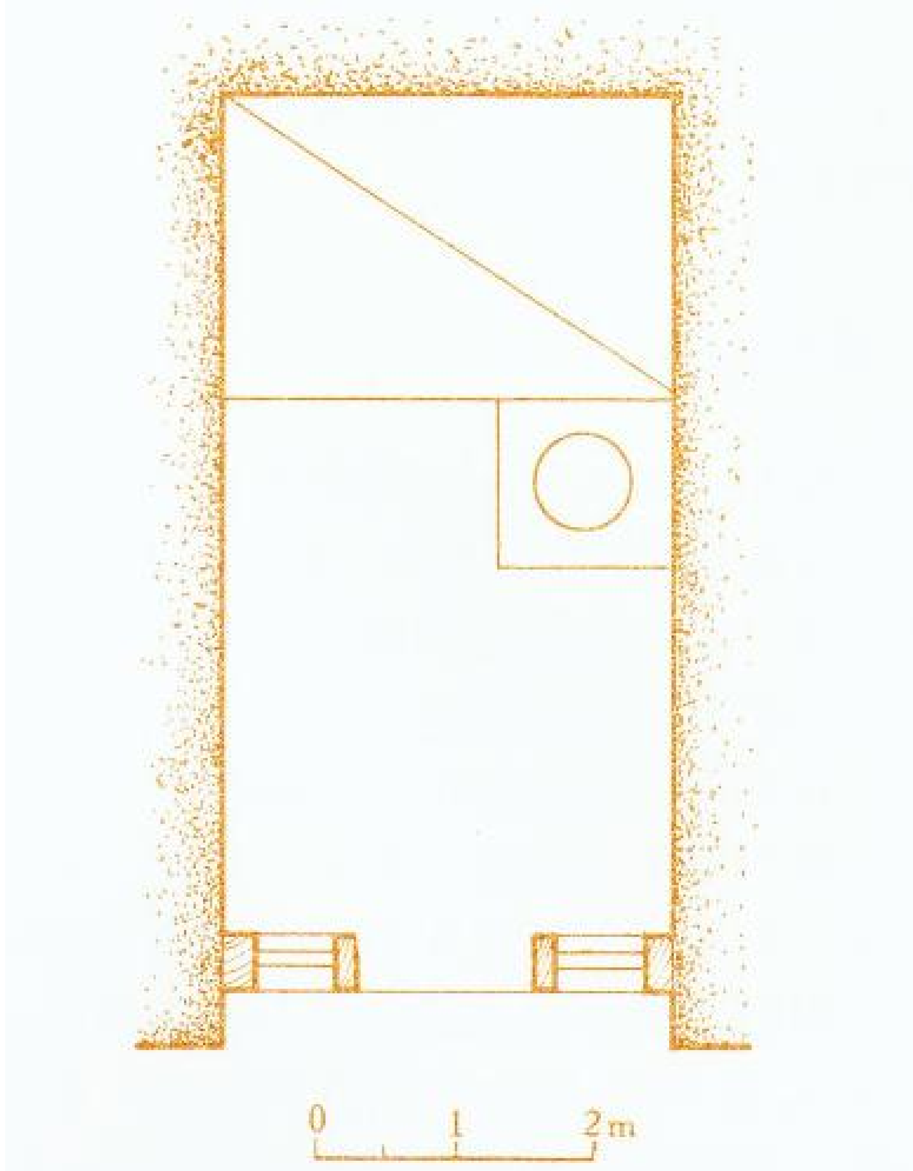


图4-3-5　陕北窑洞平面图

五　察北窑洞

在张家口以北至呼和浩特一带，土层深厚而又坚硬，土质纯净，易于开窑居住，当地人民很早就开挖窑洞居住，他们称这个地方的窑洞为"察北窑洞"，实际是土房。察北窑洞的特点是，全部为土洞，不用砖石镶边，窗子开口小，门框安在正中心。洞内靠门有火炕一面，在进深方面非常注意使洞内加深，作为仓库用。察北窑洞高度不大，一般在2.8米左右。选择在平沟或半崖的侧面，洞顶距离崖面很高，由于土质坚硬，从不塌崖。

第四节　民间房屋土工技术

历代统治阶级占有贵重的建筑材料（人工建筑材料），建造亭台楼阁和各种宫殿；而广大劳动人民只能就地取材，运用传统的土工技术，以土为建筑材料。因此，在广大民间，土工技术得到很大的发展。

西周住宅不仅做了夯土台基，且房屋墙壁也做夯土墙。夯土块极为坚实，经火烧后也不裂，这从周原出土实物可以证明。从河南辉县发掘出的铜器上的房屋看，战国房屋也有夯土墙。秦汉时代广大民间住房均用土、夯土和土坯建造。由敦煌壁画可知，隋唐的民间住宅已有土坯墙。从"文姬归汉图"、"清明上河图"可知宋代民间建筑大部分都用土墙甚至土房顶。北京后英房出土元代住宅亦为土房。明清两代房屋实物都存在，反映出这时土木建筑技术具有较高的水平。

现将几个主要地方的部分具有代表性的民间房屋土木建筑技术叙述如下：

一　关中黄土筑墙法

陕西关中处于黄土地带，取土极为方便。陕西人民长期建筑土房，积累了丰富的经验，对土的运用，已达到非常纯熟的地步。陕西的夯土墙做法，历史悠久，经验丰富，可以说是全国最有名的。

夯土墙分为椽打墙和板打墙二种。陕西地方用夯土墙作为房屋的外墙、院子围墙和一切隔档的墙壁。因为这些墙壁壁面上不用留门窗孔洞，一气呵成为一个整体，用夯土墙十分便当。椽打墙系用竿子（北方叫杉篙）作为夯土的壁板。椽打墙的厚度，墙基为90—106厘米，顶部30—45厘米，高度2.5—4米。椽打墙墙面出现椽弧凹槽、圆棱，表面不光滑，抹面时易于挂泥，不易脱落。因为椽子直径小，土易装满，向上提升快，而且容易提升，故施工方便。施工方法，先摆正椽竿后中间填土，用石制夯夯实。板打墙每板高36厘米，墙厚45—53厘米，施工时墙面效果完整光平（图4-4-1）。

陕西地区夯土墙，不论是椽打墙或者是板打墙，施工方法都是在横方向采用插竿和竖向用立竿，节点用绳绑扎，在夯筑过程中逐渐向上移板，或者是向上移椽，逐步提升，逐步夯实。当地石夯头正圆形，犹如扁平石鼓，中间留出圆孔，安装木柄。石夯重量5—7斤。每堵墙壁用六人夯筑，一天可以夯完。用料要有椽子10—20根，立竿4根，加上夹棍和绳子，十分简单。每一堵壁体夯筑完毕后，需用二个月时间进行干燥。由于土质湿度大，不易干透，这是夯土墙的缺点。门

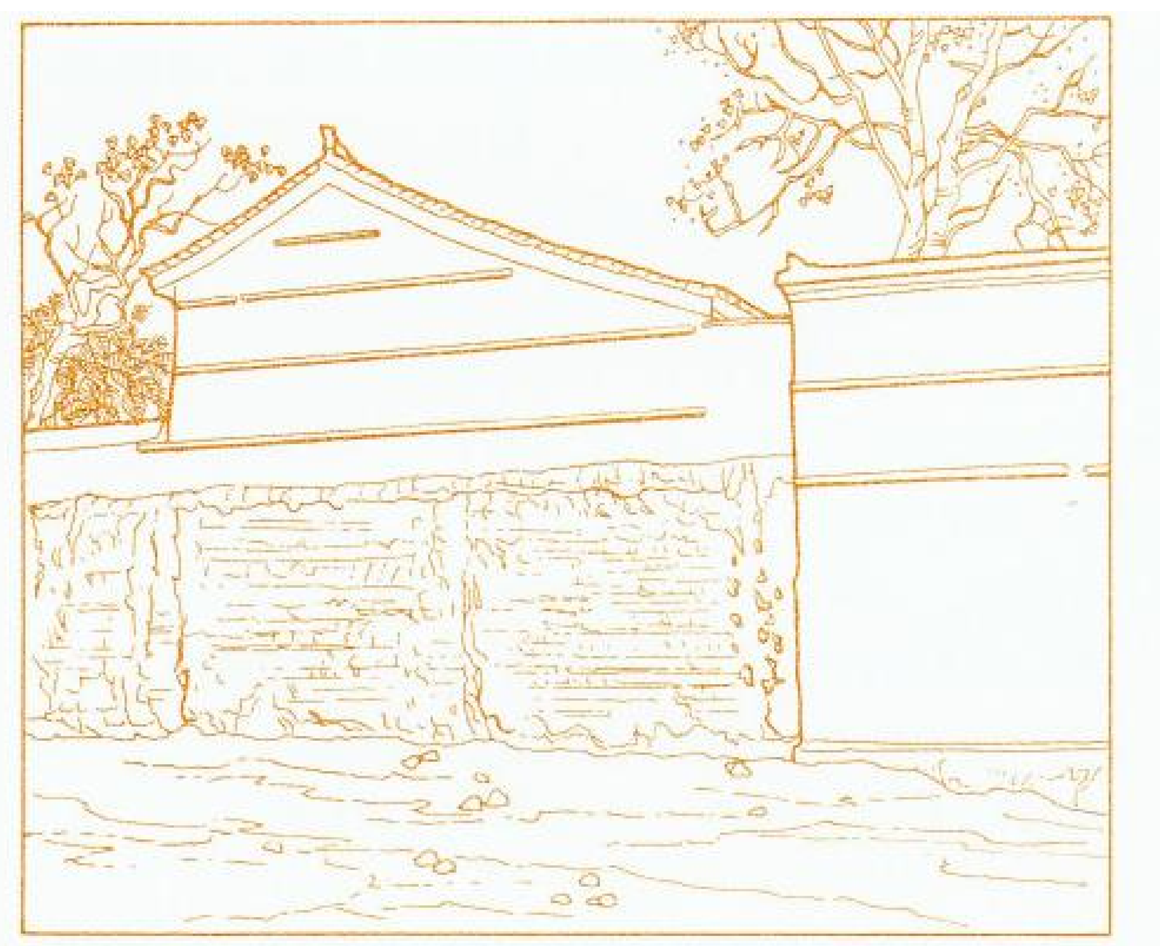


图4-4-1　陕西关中住宅夯土墙

窗孔洞不宜多开，影响强度。

陕西地区用土坯筑墙，局部用砖或混合砌体。混合砌体使墙面坚固耐久，防雨防裂，如用黄泥浆或白灰涂抹，更加美观。当地土坯有二种做法：一种是干制坯，尺寸是55×20×5厘米；另一种是水制坯，尺寸是35×24×13厘米。土坯墙的砌筑，一般都采用竖坯砌，干制坯不能平砌。单坯砌长与高应在3米之内，双坯砌可以对缝和错缝，分砌平坯、砌卧坯、砌立坯和四六锭子墙。土坯墙的特点是，含水量极小，宜于干制，但抗压性能低。为了加固土坯墙，在砌墙时加收分和侧脚，在墙中增加木、砖，作为筋骨，以增加强度。土坯墙用麦草、苇子、野草等防潮均可。土坯墙加厚，纵横相间，可以防震，特别是增加竹筋，当震动时更不易坍落。

二　内蒙古圆形土房（固定式蒙古包）

我国内蒙古地区有一种固定式蒙古包，实际

就是圆形土房，它分布在伊克昭盟、哲里木盟、呼伦贝尔盟地区。建设固定式蒙古包的原因有二：第一，因为流沙太大，沙丘不固定，所以牧民在背风、流沙泛滥较小的地方，泉水的近旁，创建固定式蒙古包，以达到能长期安定的效果。第二，在蒙汉混合地区，多建土房，因蒙民习惯住圆形房屋，所以这种固定房屋仍然采取蒙古包式样。

固定式蒙古包的地基处理十分简单，一般在平地上直接砌出土墙，有条件的在地基上垫一至二层砖。伊克昭盟地区的固定式蒙古包，地基很薄，用沙柳做骨架，两面抹泥土，上用沙柳做屋顶，或用草类做三段顶子。呼伦贝尔盟、哲里木盟地处东北，气候寒冷，外墙用土坯砌或者垛草泥，然后再涂抹内外墙壁。房屋的直径一般 4 — 6 米，墙体高度 1.8 米。固定式蒙古包就地取材，以泥土为主。哲里木盟圆形土房，屋内设火炕，占全包平面的二分之一，成为冬季采暖的主要工具。固定式蒙古包除骨架外，均用泥土建造，但做工很细致，用黄泥浆涂抹的墙面很光滑，适用美观。

三 吉林碱土平房

吉林省西半部地区大平原，风沙特别大，荒地、碱土最多，影响农业生产。清代逐渐在这个地区开垦农田，住民日益增多。这里的人们在这种自然条件下，创造性地建造碱土平房（图 4 - 4 - 2）。这种房屋主要分布在辽源、白城、开通、瞻榆、安广、大赉、郭尔罗斯前旗等地。

碱土呈青白色，颗粒极细，不吸收水分，每年春季多风，碱从地下返出，成为白色土块，这时家家户户刮取碱土，作为建造房屋的主要材料。

碱土平房的施工：首先，建立房框，即四面

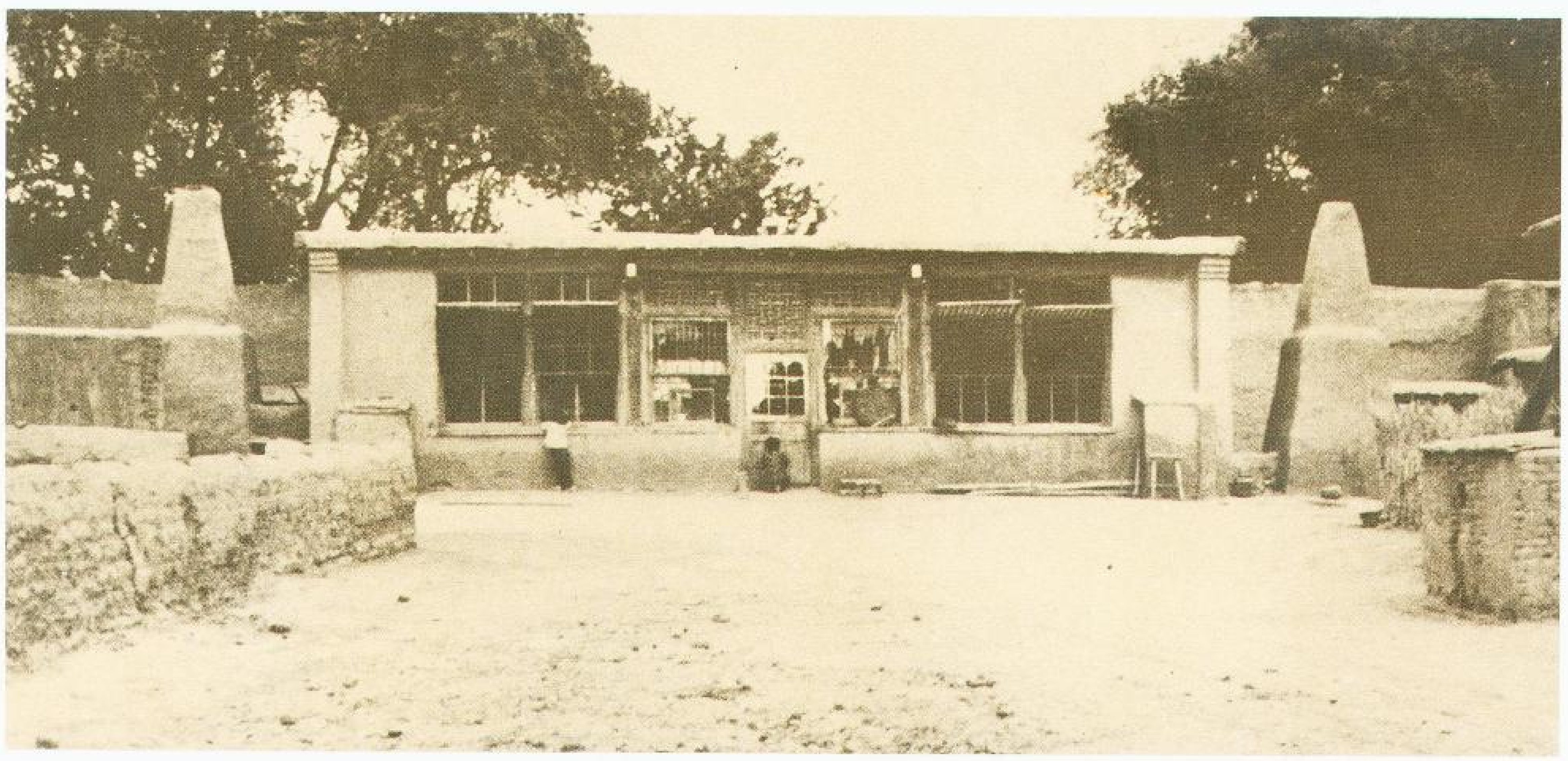


图4-4-2 吉林大赉碱土平房

土墙；待房框干透后，再加屋顶和房盖。墙基很深，做到地面 2.2 米以下。墙体材料用羊角加碱土，拌好后用叉子垛成墙壁。当地习惯在春天叉房框，至秋天再加盖房顶。碱土平顶的构造是：在墙顶端置檩子、小椽子、苇笆，其上置碱土 2 — 3 层，总厚 10 厘米。住房平面以三间为主，每间约 3.3×5.3 米。用碱土做房屋最大的一个特点是坚固耐久，抗雨水，防潮湿，寿命可达 20 年以上，这是吉林当地人民的一项创造。

四 察哈尔大窑房

大窑房全部是用土做成。因为它的形式和做法不尽相同，所以在构造上也有所差别。

土窑房以山室侧壁竖向挖出来的洞室作为房屋，极似陕西窑洞的直洞。大窑房是用固定的木架支撑，用土坯砌出的券洞。地点分布以察哈尔为中心，并分布到呼和浩特、集宁、张家口等地。当地习惯夏日住大窑，冬日住窑洞。

通常人家以一洞为主，多至三洞。洞内设土灶、火炉、壁龛、土台。洞口的墙壁安设大花窗，洞顶全部为拱券，特别是土窑房，远望一片土原，看不出有房屋所在，所以察北人民有句谚语：“风雨不自窗中入，车马还从屋上行。”

大窑房的构造，首先以木模支撑，用土坯立砌成土拱，待土坯泥浆干后，拆去木模，上部再夯实土层。个别窑洞砌出洞口，边缘特别整齐，这种房屋受到窑洞影响，也可说是窑洞的一种形式。

五 海东土房

青海省东半部主要是农业区，清代中期以来，当地农民根据气候的特点，建造一种土房，名叫“压巢”。压巢是平屋顶，四周用土墙包围，从外部看不到房屋。每座房屋三面为檐墙，用夯土筑成，上半部再用土坯砌筑。屋顶的做法是：在椽子上铺苇子（柴草与树枝之类），再上铺麦草泥 10 厘米厚，干后压实，再铺 10 厘米厚的草泥，这样既坚固又防雨。

建筑材料主要用土，在前檐及门窗口处使用土坯，土坯块大。外围墙全部用黄土夯实。

撒哈拉族自治县土质为红色，粘性极大，做夯土墙更为坚固耐久。当地外墙下部厚 60 厘米，上部 40 厘米，每板长 300 米，板高 30 厘米，夯实厚度为 18 厘米。当地人民每在墙身夯筑时增加几层河卵石，使夯土墙增加强度和美观。

海东地区的房屋，无论是大院墙、小围墙，夯土时都夯出明显的侧脚，收分又大，使房屋的墙壁增加极大的稳定性。

六 黑龙江拉哈房

黑龙江地区的拉哈房用黑粘土作为主要材料，施工简便，是一种符合当地情况的经济耐久的建筑方法。

拉哈房的地基基础，用厚土夯实，再用泥沙土垫墙基，再加夯实，干燥后在其上做墙壁。墙厚 35—40 厘米。筑墙时，将谷、稻草浸入水中，使其具有柔性，再混入泥土中，拧成泥草辫子，长约 60—80 厘米。这种泥草辫子叫“拉哈辫”，用它垛砌成的墙壁叫做“拉哈墙”。有两种施工方法：一种是“卧拉哈”，将泥草辫子横向卧放，顺长接连垛起，适用于房屋的外壁。根据需要，墙壁的厚度可以加大或减小。另一种是“竖拉哈”，适于房屋内部的各种隔墙。因为内壁不是卧砌，要求少占空间，而将泥草辫子直接编砌于木构框架上，或用于山花墙。特别是对于一些临时性的房屋用“竖拉哈”更为合适。

凡是拉哈房的屋顶都用双坡顶，在屋面上用柳条、秫秸、劈材当作望板，其上部再安放 2 — 3 层拉哈，近于脊部厚度为 30 厘米，檐部也要 10 厘米，顶部苫草。这样做可以起到防寒、防雨的效果。

七 四川民间土工建筑技术

四川民间泥作以成都地区为典型，得到广泛应用。大概可分为夯土墙、土坯墙两大类：夯土墙以丘陵地区建房为主要方法，土坯墙在平原地区使用最多。在夯土墙中除夯土外并采用筋骨进行加固，加固的方法是，用竹筋或竹圈之类的材料，在每一板的夯土墙中，平列竹筋三层，每层铺竹筋两道，或者平放竹圈两个，这样就增加了夯土的强度。实践证明，凡是加筋骨的墙体可保持数十年之久。四川夯土墙墙夹板，做成固定式（图 4 - 4 - 3）。

在成都地区早已大量使用土坯墙，但当地习惯不做干制坯，而是采用自然的水湿坯。

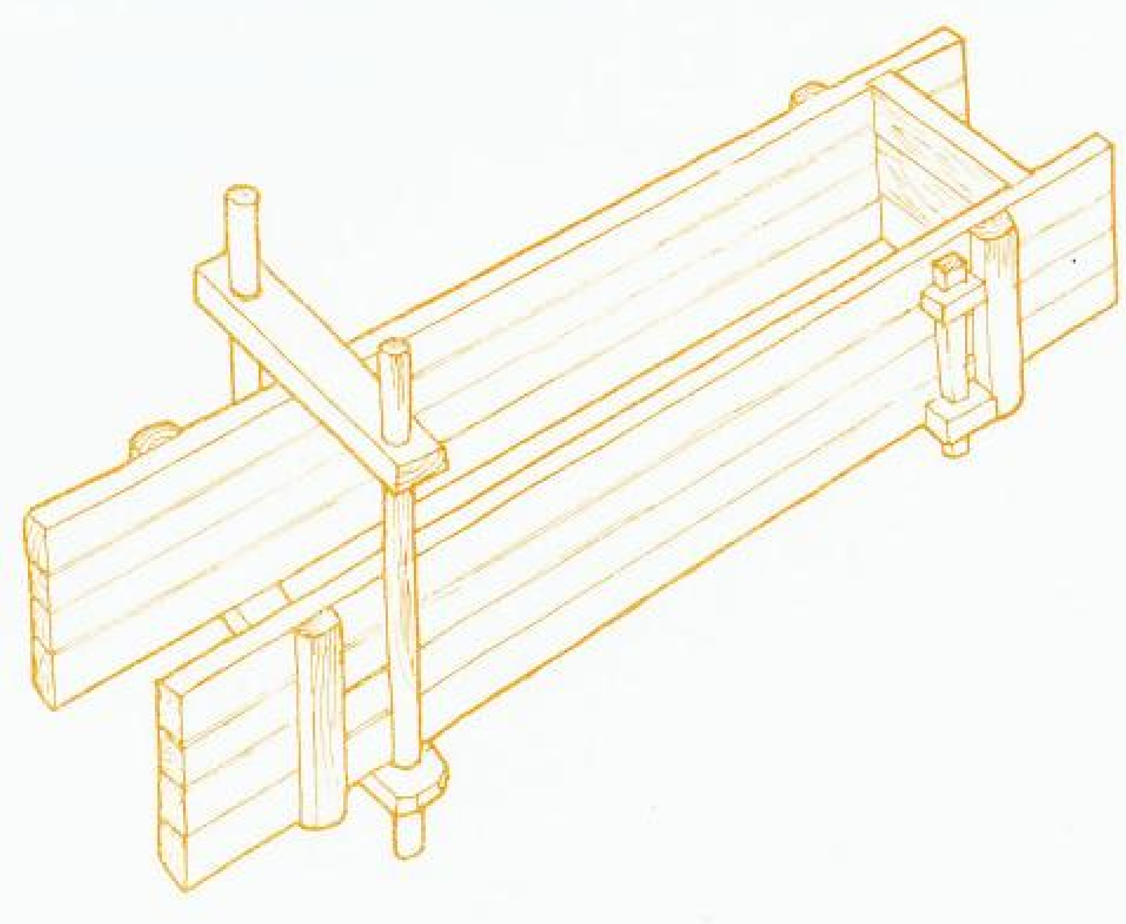


图4-4-3 四川夯土墙夹板

水湿坯的制法：选择平坦潮湿的田地，用铁锹挖出土坯块。挖制土坯前，要预先保养坯地，就是在稻田里放水之后，保留稻根，待泥土到半干时，用石碾压实压平，其中的稻根成为天然的骨材。然后用铲刀按土坯的尺寸划分若干小块，再用铲刀挖起，将土块翻出后晒干，并将土块移至屋檐下放置，待到次年完全干燥后方可使用。这种做法在成都平原地区非常广泛。但是在田土贫瘠的地方应用此法会影响农业生产。

八 福建环形土楼

福建永定县的客家住宅，很早就盛行用承重夯土墙、木构架混合结构建成圈楼，平面正圆形。建设环形土楼主要是集体居住，以利进行防御。楼内用隔墙隔出各种房屋，院内有水井、浴室、储藏室以及磨房、猪圈、楼梯等，直径一般在 20—30 米，最大的直径可做到 64 米。内外三环房屋，外环墙高四层，中环墙高二层，内环墙高一层。三环均用夯土做承重墙，内部使用简单的木构架。最外环的墙高做到 13 米，墙厚 1.8 米。墙的内部在打夯时就已加入竹筋，以保持夯土墙的稳定性。

为了防御起见，在外墙的四层窗子，只能开南面三层和四层的窗子，构成防御性的高墙。

建设环形土楼，必须选择适当的土质，富有粘性，并要掺入适量碎石、细砂，这样夯土后才不能开裂。夯筑圆形土墙，必须有精湛的技术，否则不易夯筑成功，如客家大楼（图 4－4－4）。

九 集宁土房

以内蒙古乌兰察布盟为中心的草原偏南地区，流沙较少，黄土甚多，而且与汉族接近杂居，建设土房甚多。这种土房地基挖到冻层（1.2 米），每间尺度以间宽 2.5 米、进深 4 米为准。外墙全部用土坯砌筑。土坯长 40 厘米，宽 25 厘米，厚 7 厘米。

屋顶做法：均采用半平顶，在荆笆上抹泥厚 10—15 厘米，干燥后再抹普通土 5 厘米，第三次还要抹泥 5 厘米。这样做不仅防雨，而且使屋顶寿命长。半坡顶当地叫“尾子顶”，在椽子上放面材。它的做法有苇笆、木板、苇草或者胡麻柴等数种，其上部全要抹泥土，土质要特纯，不得有杂质。在施工前，首先和泥，使土、泥、水三者充分融合到一起，并且达到半干状态时再抹平顶。第一次抹泥 6 厘米，第二次抹泥 3 厘米，第三次抹草泥 2—5 厘米，分层晾晒。这种做法当地经常使用。



图4-4-4 （1）福建永定客家住宅外观

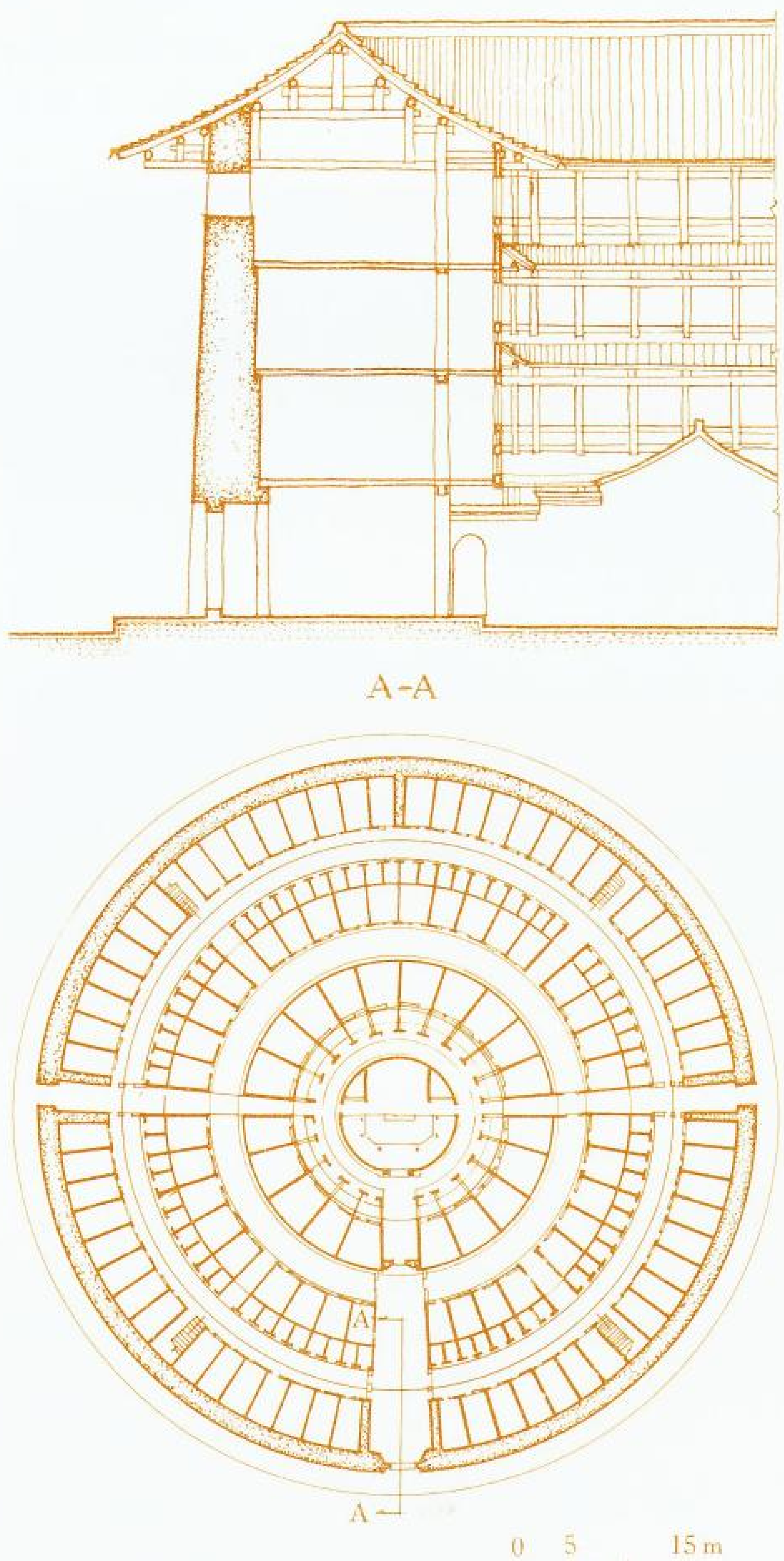


图4-4-4 （2）福建永定客家住宅平面及剖面图

十 江西土房

江西土房分布在赣南地区，土房中主要是建立土墙。土墙厚度在 20—40 厘米之间。个别人家在土墙内部放筋，质量好的可维持 70 年左右。

赣南土房的土墙也分土坯墙、夯土墙两种。土坯墙都配置竹筋，每两层土坯放竹筋 2 根，以增加强度。基础勒脚和防潮层，就地用卵石砌筑。根据当地经验，一层平房外墙厚度可用 26—30 厘米，二层楼房外墙厚度可用 30—36 厘米。砌墙方法，用一丁一顺，三顺一丁，均用粘土浆砌。赣南土房的特点，主要是用土墙承重，上支简单木架，极为经济实用。

十一 新疆圆形土屋

新疆地区雨量甚少，当地人们利用夯土技术建设圆形土屋，为各族中下层人民所居。凡在土层深厚地带，都建设此种房屋。平面、外观圆形，大致如同蒙古包式样，但没有蒙古包那样圆润（在中亚一带亦有此种做法）。出入口开券门，墙壁厚度 50 厘米左右。施工时，先用木模架支顶，然后进行夯筑墙壁，至屋顶时再支木模架夯筑屋顶。各部夯筑完毕时，全部拆除模架，风干后即可居住。这种建筑形式在新疆全境十分普遍。这种建筑的特点是，除门扇外，全部建筑材料都是用土（图 4－4－5）。



图4-4-5 新疆西克辛圆形夯土房屋

第 五 章　木 结 构 建 筑 技 术

概 说

关于我国古代木结构建筑技术的发展，由于保留下来的早期典籍较少，加以我国现存的木结构建筑建筑年代最早的未过唐代中期（公元八世纪），即使是间接的，形象较为具体的资料，也早不过东汉后期（公元二世纪）；所以，唐代以前的情况，目前还只能就文献记载，遗址发掘报告及其他有关文献作一般的叙述和推测。

唐代木构建筑实物较稀少，幸而在大量的艺术作品如壁画、雕刻中可以取得较多的资料，以此为辅，大致可以得到木结构建筑发展的线索，虽不免仍要作出一些推测，较之唐代以前的情况就稍觉具体和系统一些。

宋代时实物保留较多，又加以有一部较完整、全面的建筑学专著《营造法式》，使我们能进行具体的分析工作。只是又限于我们的水平和条件，目前还只能着重于对结构形式进行一些分析，距离全面地阐述结构技术的发展过程还很远，有些问题还只能提出来，而不能确切地回答它。希望逐步进行深入研究，逐个解决这些问题，那时才能成为比较完整的木结构建筑技术史。

一　木结构建筑是中国封建社会时期建筑的主流

在我国古代建筑的发展过程中，高台建筑的盛行恰巧是奴隶制社会结束、封建制社会开始的时期。高台建筑是夯土和木结构配合使用的形式。夯土是需要大量劳动力的做法，因此在长期的封建社会中，房屋建筑逐步地抛弃了大规模夯土的形式，沿着以木构架为主体的方向发展，成为我国古代建筑的主流。这种木结构建筑，是以木材构成各种形式的梁架作为整个建筑物的承重结构主体，墙壁只起围护作用，不承担荷载。古代劳动人民用这种方法建造了许多规模宏大、形象舒展、构造坚固的建筑。迄今还保存着历时千年的宏伟木构建筑，显示出木结构技术的高度成就。

古代世界上有许多民族的建筑，起初也经过木结构的阶段，随后就逐渐转向砖木混合结构或砖石结构的方向发展。如印度、埃及、希腊等国，早在奴隶社会时，已经是以砖石建筑为主了。但我国古代建筑却一直沿着木结构为主的方向发展，终于成为世界古代建筑中独树一帜的体系。

我国在封建社会初期就已经开始生产砖，从现今所掌握的考古资料看，制造大型精致的空心砖——它们可长达 1 米以上——可能还早于小块砖。现存古代遗物有公元前一世纪的拱券及扁壳。天然石材用于建筑也很早，从古代雕刻看来，石材加工技术早已具有较高的水平。用石材建造券桥的最早文献记载是公元三世纪初。这些都证明着砖的制造生产，砖石结构的应用技术很早就已有高度的成就。只是在房屋建筑上，砖最早只是用于铺地面、踏步，石只用于柱础、台基；虽也发现过汉代用砖墙的房屋，但那实在是极个别的例子。总之，直到佛教传入中国以前，除了墓室、桥梁以外，房屋建筑是不用砖石结构承重的。就是佛教传入中国以后，砖石建筑也只扩展到宗教建筑的塔、殿，而大量的宫殿、寺庙、住宅还是保持着木结构传统。

对木结构突出发展的原因，曾经有一种意见，认为，我们的祖先于新石器时代后期在黄河中游一带定居下来，这一带森林茂密而石材缺少，木材就成为自古以来的主要建筑材料。黄河中游一带确实石材较少，可是我们的祖先并不只是在黄河中游定居，翻检一下考古报告，密布全国各处的古代居住遗址所在地，很多都并不缺乏石材。最近几年发现的余姚河姆渡新石器时代居住遗址，湖北圻春周初居住遗址，都是用木材建造房屋，他们是在长江中、下游。而这些地点都是不缺乏石材的。所以说我们的祖先定居在缺乏石材的黄河中游并不是木结构发展的唯一原因。事实是在我国广大的土地上，自然资源极为丰富，可供建筑用的天然材料也是丰富多样的。上古时期森林更为丰富，木材最易取得，加以木材是一种既坚韧又最易加工的建筑材料。在古代使用石器和青铜工具时代，石材的开采加工是困难的。因此，从原始社会到奴隶社会时期，就惯于以木材为房屋建筑的主要材料，经过长期实践，对木结构积累了充分的经验，对其优点有充分的认识，因而逐渐形成了深厚的传统。

在我国漫长的封建社会时期，保持并发扬这个传统，除了材料来源和技术的继承关系以外，还有政治经济制度方面的原因。我国封建社会的经济制度具有“自给自足的自然经济占主要地位”的特点，而木结构建筑是与此特点相适应的。木结构建筑对农民、手工业工人的经济条件而言，有着比较广泛的适应性。

（1）便于积累储备材料。一般农民建造房屋都是经过长期准备的。往往是从种植树苗开始。在陕西西安附近的农民简直就称他们种的树为柱梁或椽子；用作梁柱的树约二十年左右，用作椽子的树五年左右便可自然成材。门窗可以逐步制作备用，有些地区还有专做门窗的手工业者；夯土墙或土坯墙只需劳动力，可以由短期协作来解决；土坯也可逐渐积累。除了瓦须约定几家合作烧制外，农民可以独立积累起全部建筑材料，即使需要二、三十年时间。而耗费劳力甚多的采石和制砖，却是分散的个体农民力所不及的。

（2）易于施工。木结构建筑所需技术简易。农村中建造一般房屋时，只需有一、两个熟练木工做技术较高的工作，如主持绳墨、放线、定平，做梁柱榫卯，安排施工程序等等，其他较粗糙的木工工作，筑墙、垒墼、布瓦及一切杂工，农民都能自己动手，劳动力不足时，也可邀请本村农民互助，或分期施工。例如木屋架、墙壁、屋面都能分期做，在农村中常常看到先立起屋架，过一两年再做墙壁；或先铺草屋面有力量时再换成瓦屋面。总之，农民可以依靠自己的劳动力，采用各种分工办法逐步完成。

（3）易于扩建。木构架房屋都是长方形平面以间为单位，间数可以任意增加，如先建两三间，再扩建成五、七间；也可以在三、五间的前或后方的两侧增加一两间厢房等等，扩充增建的方式极为灵活多样。

（4）能适应山区地形。在山坡建造木构架房屋时，只须调整柱子的长短取平室内地面，无须平整土石方或砌筑大量基础，这是山地建筑最经济便宜的方式。尤其我国南方山区的乡镇常常在山坡建造房屋，甚至在悬崖峭壁间，也能用木构架建造起房屋。

当然木结构建筑还有各种优点，例如易于拆迁，开设门窗自由，分间灵活，有较好的抗震性能等等。但是对于农民、手工业工人说来，以上几条才是最主要的。

在封建社会中，只有农民和手工业工人是创造财富和创造文化的基本阶级，建筑当然也是农民和手工业工人创造的。

封建社会的经济是自给自足的自然经济占主要地位。农民不但生产自己需要的农产品，而且生产自己需要的大部分手工业品，他们也要为自己建造房屋。他们只有很少的土地或者完全没有土地。他们劳动所得，除了维持极低的生活水平外，所剩余的极其微少，甚或终年不得温饱。只是在上述各种优点下，农民经过长期的积累准备，才能够建造起以木材构架、夯土为墙壁的房屋。然而这就使得木结构技术在农民和手工业工人中蕴藏着优秀的创造才能，有着最普遍、最广泛的发展基础。

封建统治阶级是靠剥削农民和手工业工人而生活的，因为他们掌握着生产资料，并有剥削来

的充足的财富，可以采用最好的材料，要求精致的加工，建造成体量宏大、形式华丽的建筑。但在建筑实践上是依靠于劳动人民，而木结构技术则是他们所熟练掌握的。农民和手工业工人正是在他们已有的木结构技术的基础上去解决地主阶级提出来的要求。因此那些宫殿、坛庙、佛寺建筑，就基本制作加工技术来说，是以民间技术为基础的，只不过是体量庞大、结构形式上更复杂罢了。

我国古代建筑以木结构为主，这决不是农民和手工业工人在砖石结构方面缺乏创造才能。在公元七世纪初不是就已创造了当时世界上最先进的赵县安济桥吗？为什么在桥梁方面有如此先进的创造，而不能在房屋建筑方面改变木结构体系呢？恩格斯在《自然辩证法》一书中指出："科学的发生和发展一开始就是由生产决定的。"桥梁是更适合于采用石材建造的，是由于生产的需要使农民、手工业工人作出新的创造；也表明在必须使用砖石结构时，他们同样是具有伟大的创造能力的。但封建社会的生产方式并没有要求他们在房屋建筑方面必须用砖石结构代替木结构，因此也就没有向这一方面发展，在封建社会后期也有用砖券造成的大殿，那不过是少数的情况。

在建筑领域，一方面是形成了一个有高度成就的木结构体系，另一方面是砖石结构在一定领域中也有突出的创造；个别的看都有很大发展。然而从整体看，它没有代替木结构或者同木结构一样成为房屋建筑的主要结构形式之一。

二　民间木结构技术概况

上文已提到的宫殿、坛庙、佛寺等等为统治阶级所占有的高标准建筑与广大的民间木结构相较，数量虽少，其建筑形式，结构技术却最高。它反映出封建社会时期所达到的建筑技术和艺术的最高水平，同时也包含着数量最多、最普遍的民间建筑的技术和艺术成就。所以高标准建筑是研究建筑发展史的主要对象，但是高标准建筑的基本技术是从民间的技术发展而来。

民间木结构技术，是最广泛最普遍应用的木结构技术。现今从农村到城市，到处都可见到。它们有些是近数十年内建造的，有些则已有一、二百年甚至三、四百年的历史，所反映的是封建社会后期的技术面貌，是封建社会时期民间建筑技术发展的最后成果。

民间木结构建筑以长方形平面的"间"为单位，两个横向的构架用檩条联接起来成为间，每增加一间即再增加一个构架，按照需要可以任意增加间数。一般间广在3—4米左右，柱高略小于间广。其结构形式有穿斗和梁柱两类。穿斗构架以长江流域及其以南地区使用最多，梁柱构架则以长江以北地区常见使用。

穿斗构架以每条檩子下均用柱子承托为原则，所以柱子用得多，柱子之间以穿过柱身的穿枋相联系组成一个构架。按柱子和穿枋的配列方式可以分为四种形式。

第一种：全用落地长柱，每根柱子上用一根檩条，柱子之间用通长穿枋相联，此种方法柱距和檩距相等，一般约为1米左右。以四川一带使用较多。第二种：落地长柱与瓜柱相间使用，仍用通长穿枋相联系，瓜柱全部乂立于最下一根穿枋上，因此瓜柱按其使用部位长短不同。第三种：长柱、穿枋的用法同第二种，而瓜柱均只穿过一枋乂立于下枋之上，这样就使全部瓜柱的长度均相等。第四种：立柱、瓜柱用法同第三种，而下两根穿枋只用短枋于近檐处穿过两柱。以上三种形式柱距1.2米左右，檩距0.6米左右，以湖南、广西一带使用较多。

梁柱构架是用两根立柱支承大梁，梁上又立短柱承次梁，层叠至最上一梁上立脊瓜柱，檩条安于梁的两端。檩距约1—1.5米，一般房屋多用四架，即构架跨度（或大梁跨度）4—6米。单座建筑尽端（两山）的构架，都加中柱。如需增加室内的面积则另在前、后增加柱子和短梁。

穿斗、梁柱两类构架的纵向联系依赖檩条和枋，檐部大多使用挑梁，挑梁又有各种做法。屋面可以做成直线，也可以做成曲线。在南方湿热地区室内高度较大，即在梁枋上加龙骨、地板做成阁楼，既可隔热又可利用为储存杂物的地方。楼房的承重梁也往往悬挑出柱外，扩大楼层面积或做成楼上的走廊。

以上两种构架是普遍应用的基本形式，尽管由于各地区的气候、材料、生活习惯的不同，有各种各样与之相适应的变化，但结构的基本形式仍不出这两类的范畴。其所以能够如此普遍应用，除了前述各种原因外，还在于创造了一套技术标准和传播技术的方式。

各种构架的尺度如间宽、檩距、跨度、构件截面以及门窗装修，都有一定的规定尺度。这绝不是偶然的现象，而是技术不断提高，分工日益细致以及技术相互交流传播等等互相促进的结果，它最终导致了建筑的标准定型。所以标准定型是封建社会中建筑发展的重大成果。社会生产愈发展，分工愈细致；分工愈细致就必须要求标准定型。例如我国封建社会中出现了生产门窗的专门行业，就表明了建筑分工的细密和标准定型已达到了切实可行的普遍程度。

封建社会的工匠总结了实践的经验，用歌诀的形式记忆和传播技术，它是一种极易推广传播技术的方法。而形成歌诀的前提条件之一，又必须是标准定型、固定规格，否则就无法用极简练的歌诀包括复杂的法则。现在还保存着苏州和北京两个地区的比较完整的建筑歌诀，说明当时虽还没有全国统一的标准，但肯定已有了地区性的统一标准。这些歌诀是一份十分宝贵的古代建筑技术资料。

前面已经概述了穿斗、梁柱等结构方式在封建社会时得到普遍应用和发展的情况。而另一些结构方式则是在一定条件或一定范围内才得到应用发展。现在就看看另外几种传统技术在民间流传的情况。

井干是一种早期的结构形式，在云南晋宁石寨山发掘出的奴隶社会遗址（它的绝对年代相当于汉代）出土了大量铜器，其中有一批铜造的建筑模型和铜器上刻画的建筑图，都表现出井干结构。现时在森林地区仍然使用着这种形式的建筑，它大致保持着传统的形式。在某些特定的建筑上也常被应用——如粮仓。但在工艺技巧上有很多的改进，如一般已不用圆木而改用长方形截面的方木或厚木板，结合的榫卯做得极精致，能够随时拆卸、拼装等等。

人字架或斜梁是另一早期的传统做法，也仍被继续应用。一般多用于屋面较轻或跨度较小的屋架。用捆绑建造的简易的或竹造的房屋中也是常用的。但是它已经不是简单的人字架了，有些已经加用下弦成为三角架，有些加用相反的人字木成为复合的三角架，较好地解决了水平推力的问题。

但井干和人字架在一般房屋建筑中显然不占重要的位置，也没有重大的发展。

还必须提到一种木结构桥梁——现在已经习惯地称为悬臂木桥。这种桥的构造方法是按照桥的宽度在河岸两侧密排一层纵向圆木。其上每隔60—100厘米叠垒一横向圆木，再上又密排一层纵向圆木并使之悬挑出60—70厘米，如此层层挑出，最后在两侧最上挑出的圆木上用一排圆木将两岸联接起来。所以它是应用了井干和挑梁两种结构原则建造的。这种桥在甘肃、青海、西藏、云南、广西、湖南以及福建，至今还保存很多。可见农民、手工业工人对各种结构方式，在一定的条件下都是善于运用和发展的。这种桥梁起源于何时，是否在奴隶社会时期已经创造出来了，现在还没有可靠的依据。

总之，在这里可以看到前一阶段技术提高的成果在后一阶段是如何被普遍应用的，技术上，功能上继续被革新而抛弃了一些繁琐做法，使之更便于实践，更节省工料，更具有灵活性，也更易于普及。普及是有选择的。至于它能够被普及提高，则是农民、手工业工人在长期实践中不断地革新创造，并意识到它的各种优点的结果。普及的最终结果又带来了一个跃进——统一的标准。它不仅有利于分工，提高工作效率，而且使得建筑技术更易于推广，从而为把这一门科学推向更高阶段准备下有利条件。

三　木结构技术发展的阶段

封建社会经战国初至清代末经过了二千四百多年。建筑技术在这个漫长时间中必然是会形成为若干发展阶段的。如何划分阶段，是研究建筑发展史的一个重要问题。

历史上朝代的改变常常也带来了政治、经济的变革和科学、文化的发展，因此按朝代划分阶段，是基本的方式，然而也有改朝换代只不过是统治者的更换而社会政治、经济并没有什么大的变革的情况。在漫长的封建社会中也曾出现过几次分裂，这时往往几个王朝各据一方，在时间上则互相交义，就文化、科学技术看，往往表现为地区性的差别较显著，时代性的差别较小。因而将哪几个朝代划为一个阶段，则必须按照技术发展的实际情况而定。本章拟将整个封建社会木结

构建筑技术发展划分为五个阶段。

第一个阶段——从战国到西汉末（公元前475年至公元25年）：这个阶段只有一些建筑遗址及间接资料，如燕下都、邯郸、临淄，以及最近几年发掘的秦都栎阳，西汉时在内蒙古、新疆一带的屯垦城市，长安几个大规模建筑遗址，以及一些铜器上刻画的建筑图像。从奴隶社会末期就已出现的高台建筑，到战国时期大量兴建起来。各种文献记载和上列资料，可以明确判断这种高台建筑，一般都是规模宏大的，用夯土和木构架相结合的，聚合许多单体建筑在一起的建筑形式。直到西汉时虽然已经开始出现了多层建筑，但许多规模大的，重要的建筑物，仍然继续采用高台建筑的形式。

第二阶段——从东汉初到南北朝末（公元25年到580年）：按朝代说，包括东汉、三国两晋、十六国、南北朝。这一时期的资料渐渐丰富起来，除了发掘出的建筑遗址和各种间接资料外，有东汉时期仿照木结构形式雕成的石阙和大量雕刻上描绘的建筑图像，南北朝的佛教石窟中有仿照木结构雕凿成窟廊和许多表现木结构建筑的雕刻，使我们对这一期间的木结构技术有较具体的了解。

这一时期建筑技术取得显著发展，高台建筑已被淘汰，多层建筑迅速兴起，说明木结构技术的突飞猛进。东汉时期的明器——陶楼，表现出四、五层高楼的形式，石刻中也常常见到三、四层高的建筑，东汉末此种多层楼的形式又被应用于建造佛塔，到南北朝时已能建造高达九层的木结构佛塔。

南北朝木结构技术，是东汉成就的延续。创建了例如高达九层的永宁寺塔，其结构方法有些新的创造，东汉时已应用得较多的斗栱等结构方法，到南北朝时在形式加工上也有显著的改变，但在结构技术上并没有突出的改革，因此我们将东汉起直至南北朝末划为一个阶段。

第三个阶段——从隋初到五代末（公元581年至960年）：从这一阶段开始才有了木结构建筑的实物，使我们对古代木结构技术有详细具体的认识，大大丰富了技术史的内容。隋代虽然时间不长，却为以后的发展奠定了基础。唐代是我国封建社会经济、文化发展的高峰，我国木结构建筑使用斗栱的结构方法，在初、盛唐时取得飞跃的发展。整个这一阶段中的大式建筑都采用了斗栱结构。并且，由此创造出一个全新的总体构架形式。《营造法式》，记录下了这种新结构形式——它称这种结构为“殿堂”。

第四个阶段——从辽到元末（公元960年至1368年）：包括辽、北宋、西夏、金、南宋及元几个朝代，在时间上，地域上常常互相交错。这一阶段的实物资料更多。宋元符二年（1100年）编著的《营造法式》总结了它以前的成就。考察一下在它以后的建筑结构状况，还可发现它们有一个共同点，即在一定程度上保持着《营造法式》所记录的形式，同时又在探索新的结构方式。形式上是“殿堂”或“厅堂”，具体结构方法却有变化，但还没有统一标准，并且酝育着许多新的大胆的尝试。“减柱”、“移柱”做法，“叉手”、“斜撑”应用较多。

第五个阶段——从明至清末鸦片战争（公元1368年至1840年）：这是保存实物最丰富的时期。木结构建筑技术在十四世纪末十五世纪初，又得到了一次飞跃的发展。如北京故宫中许多明代建筑，昌平的长陵等等，就是这一时期的代表作品。到清雍正十二年（1734年）曾由工部编定《工程做法》一书，记录下了这一新成就的规范。然而自从十六世纪以后，木结构建筑无论在建筑形式上或结构技术上基本是保持着原来的状况，很少新的变化，成为停滞的状态，这也是长期封建社会没落的反映。

第一节 战国至西汉的木结构

我国历史从公元前475年进入战国时期，作为封建社会开始。大部分奴隶得到解放，提高了工农业的生产，铁制工具的使用促进了建筑技术的进步。但在手工业范围内，大部分奴隶的地位仍然没有改变，技术的改进比较缓慢。直到西汉末，改变了工商业范围内的生产关系，在建筑技术方面取得了较大的进步，为下一阶段的发展奠定了基础。

从奴隶社会末期就已出现的高台建筑，到了战国时期大量的兴建起来，直到西汉末，此种建筑已成为这一历史时期内重要建筑物的主要形式。它是用夯土技术与木结构技术相结合而成的土木混合结构，将若干较小的单体建筑聚合组织在一个夯土台上，取得体量较大、形式多变的建筑式样。

西汉末期楼阁建筑得到重大发展。木构架中，在柱头上使用斗栱，已成为重要建筑的普遍特征。木构件使用的榫卯，从战国和西汉木椁榫卯的式样来看，可以大体反映出木结构建筑中榫卯的情况。这些榫卯的出现，说明已经可以解决当时木构架中各种构件互相结合的要求（图5—1—1）。

封建社会的初期，随着商业的发展，军旅的往来，桥梁、栈道工程得到了进一步的发展。此类工程中，对于大跨度、重荷载在工程技术上的解决，必然对于木构架技术产生有益的借鉴和影响，例如在后一阶段中，比较复杂的斗栱结构形式，某些方面也可能与木结构桥梁的排架、挑梁有继承和发展的关系。

一 高台建筑的结构

台的起源很早，殷代有鹿台，周代有灵台，其详则尚不知，《国语·楚语》卷十七记有伍举的一段话：“故先王之为台榭也，榭不过讲军实，台不过望氛祥。故榭度于大卒之居，台度于临观之高。”反映了台的最初功能，大致早先是了望用的夯土台，其后又在上面建造简单的木结构房屋，作为习武射箭之用，名为榭，这就是台的雏形。

战国时筑台之风盛极一时，各诸侯国统治者争相筑台，如魏的文台，韩的鸿台，楚的章华台，齐的路寝台，都是历史上著名的台。《晏子春秋》记“（齐）景公登路寝之台，不能终而息乎陛，忿然而作色，不悦曰：孰为高台，病人之甚也”，《老子》曰：“九层之台，作于垒土”。说明台可高达九层，是很高的建筑。《国语·楚语》卷十七又云：“（楚）灵王为章华之台与伍举升焉，曰：台美夫？对曰：……不闻其以土木之崇高雕镂为美。”则指明台是装饰华丽的建筑。所以古代历史学家就已作出：“高台榭、美宫室，以鸣得意”的评语，反映出台必定是当时高标准的建筑物，极为高大华丽，因此统治阶级才用以夸耀其权力和财富。

自秦代以来台的记载渐少，宫室的记载却多起来。《史记·秦始皇本纪》说：“秦每破诸侯，写仿其宫室，作之咸阳北阪上，南临渭。自雍门以东至泾渭，殿屋复道周阁相属”。这里只说宫室殿屋没有提到台，却新出现了阁。阁就是阁道——高架的道路，它间接表明那许多宫室殿屋都是建造在高台上的，所以才需要用高架道路相联系，以免上下之烦。由此又可证明，到战国后期各诸侯国的宫室大多建于高台上。虽然秦以后的文献不再称此类建筑为台，实质上它是由台发展出来

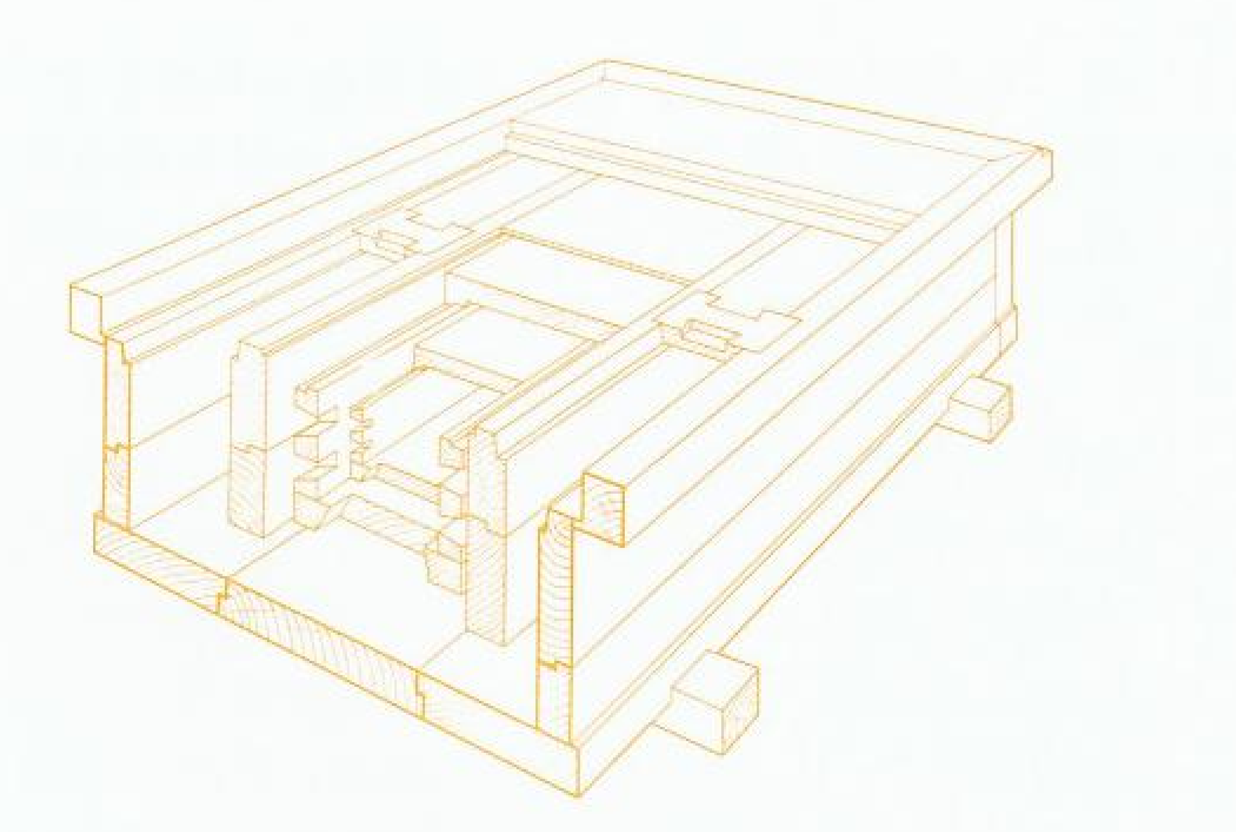


图5-1-1 （1）长沙战国木椁墓结构

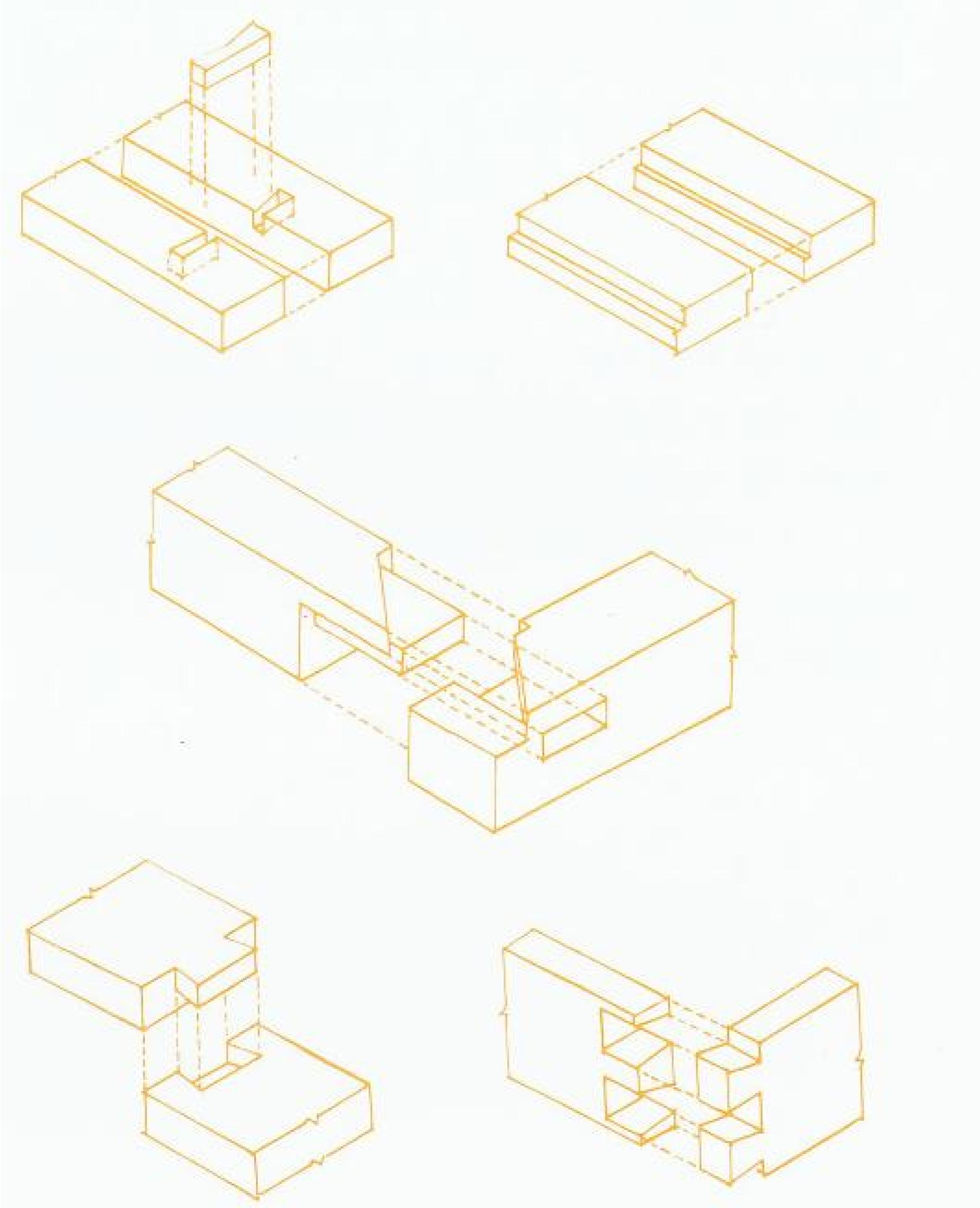


图5-1-1 （2）战国木椁中的木构榫卯

的一个新的建筑类型，是宫室建筑的一种新形式。我们在这里要探讨的高台建筑，即系根据现有战国、秦、汉时代的宫室建筑遗迹及其他形象的资料，对这一建筑类型的结构形式试作推测。

有三件战国铜器上面刻画出建筑图：一是上海博物馆收藏的战国铜樀杯（图 5－1－2）刻画出三个建筑物，其中两个形象完整，都是建在台上的宫室建筑，两侧均有梯级。另两个是河南辉县出土的铜鉴（图 5－1－3）和山西长治出土的铜匜（图 5－1－4），它们都有残缺，但仍可以看出至少是三层高的宫室，没有梯级而是由平缓的坡道上去。三个图中表示的结构都相同，下层残缺，屋面做法不详，中层两侧画出一面坡屋面；上层似为四阿屋面，但两侧的屋面檐口低，中部檐口高，两侧柱子矮、细，中部柱子高、粗。柱头都有栌斗形物，中部两柱上承纵向大梁，梁上并画出枋子的断面。上下层的柱子不在一条中线上，可能是上层较下层退后的表示。从中部柱头上刻画的梁枋判断，其结构是在纵向构架之上再加排列较密的横向构架，尤以长治铜匜上的刻画表现得极为明确。

许多战国时期的古城遗址中大都保存着一些高大的夯土台，如燕下都、赵邯郸、齐临淄等。赵邯郸遗址的小城中轴线上排列着四个夯土台，

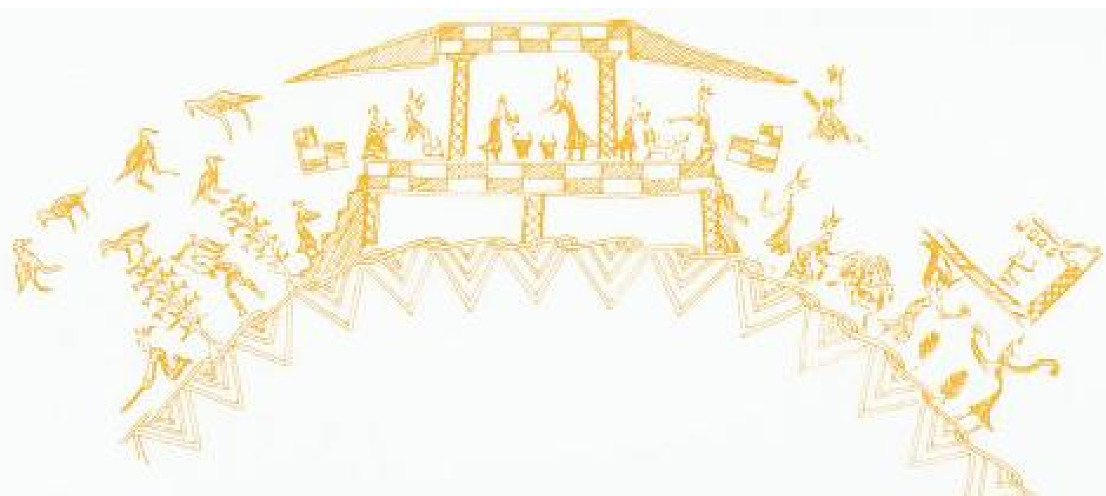


图5－1－2　战国铜樀桮中的房屋



图5－1－3　河南辉县战国铜鉴中的房屋

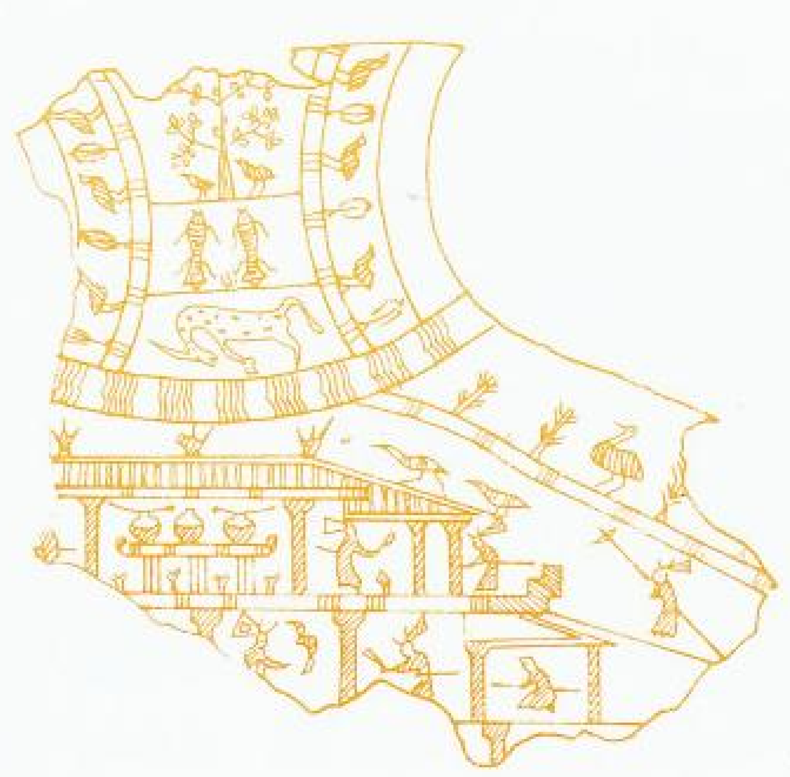


图5－1－4　山西长治战国铜匜中的房屋

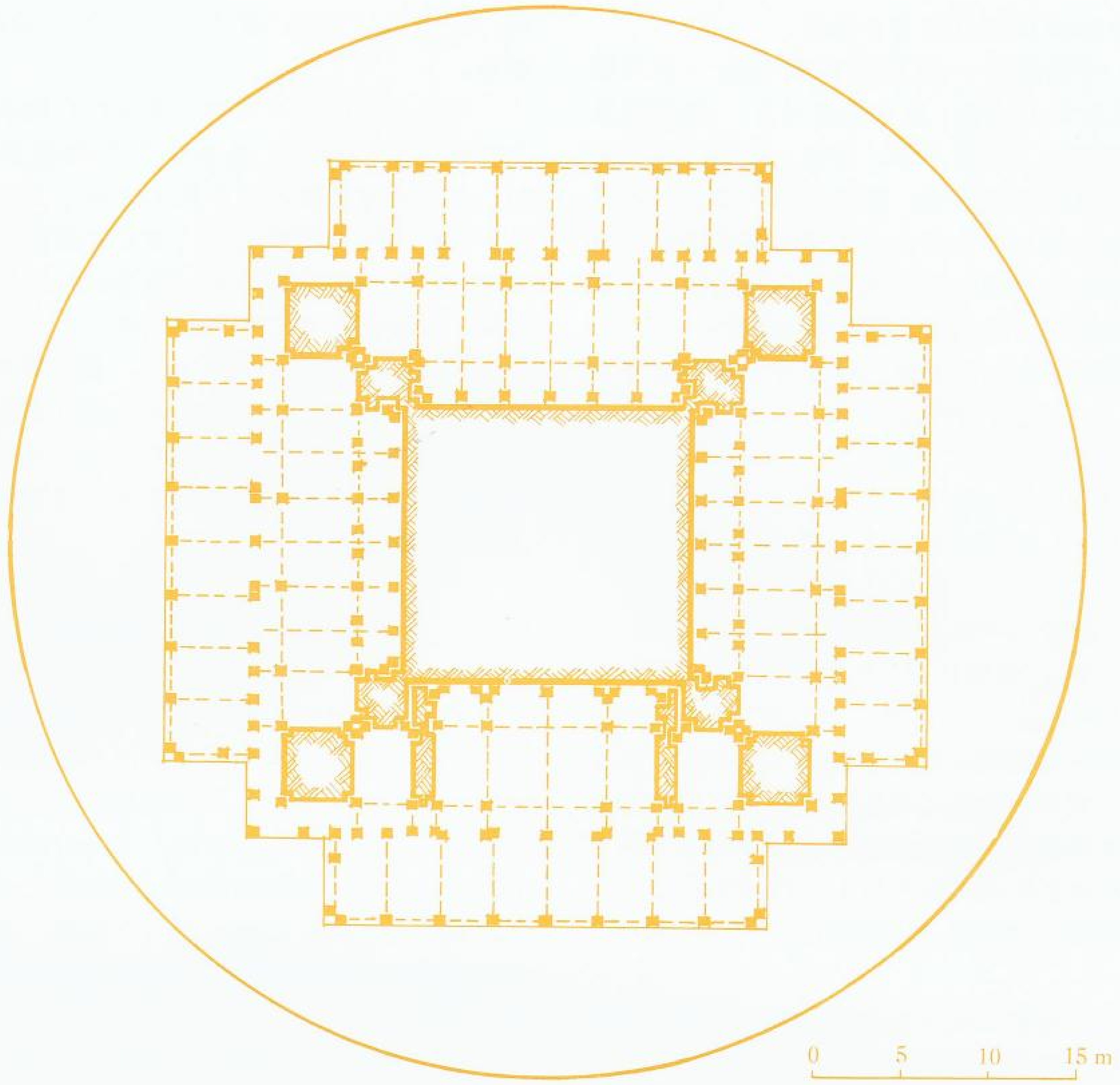


图5－1－5　西汉“辟雍”遗址平面

其中最大的一个底面积 200×280米，高13.5米，是分三层的梯级形。经初步试掘，沿着每层周边有柱础遗迹，可以判断台上应是一个宫室群建筑。1975 年在咸阳发掘出秦始皇时期的宫殿遗址，保存着更丰富的建筑遗迹，也是建造在梯级形的夯土台上。根据这些情况，使我们对高台建筑有了比较具体的认识，并且可和铜器上的线刻画联系起来。1956—1958 年发掘出西汉末年的十余处建筑遗址，其中一个被认为是“辟雍”的遗址保存最好（图 5－1－5）。它的中心有一个直径 62 米的圆形夯土台，高仅 35 厘米，其上又是一个折角方形夯土台，现存最高处 3.2 米。方台上保存着大量建筑遗迹，是一个具有代表性的高台建筑遗址。可见直到西汉末年，大规模的建筑如宫室、辟雍、太庙等等，仍然是建造在巨大的夯土台上。它们可能具有不同的外形，其结构方式则是相同的。

但是“辟雍”一类遗址中心建筑的平面，与铜器线刻画的形象还难于完全结合起来，只能由遗址的复原研究来解答。遗憾的是完全的复原现在还不可能，因为除了平面有较完整的遗迹外，其上部结构毫无痕迹可寻，也没发掘到与之有关的遗物，现在只能根据平面先作出力求符合各种现象的推测。

这个建筑平面四边的柱子排列大体是对称的，西面最完整。最外一排柱子表明前厦八间，每间间广 2.5米，后排柱子较前排多出一倍以上；前厦之后是厅，由内柱排列判断是三间，间广 5 米，它的后排柱子也多出一倍；而所有转角处都使用双柱，有几处甚至是三柱、四柱。据前厦外转角用双柱判断，应是纵横两面构架各自使用自己的柱子，由此进一步推测所有的构架可能都是各自使用自己的柱子，不使一根柱子同时承担两个方向不同或不属于同一个建筑的构架。如按照这个原则在平面上画出结构布置图，即可看到凡是两个互相紧靠着的建筑都有各自的柱子，从而可知在整个夯土台上的建筑是由互相紧靠在一起的一群单体建筑组成的。所以，这处中心建筑的平面布置是：四角分别是两个包以木结构外廊的、多层屋檐的夯土墩；四面中部前面是四个敞厦，后面在两角第一个夯土墩之间是两层高的厅堂；再后在两角第二个土墩之间可能还有一个厅堂，立面上则应表现为第三层，最上在中心可能是一个方形或圆形的大厅。

由许多建筑物聚合在一个阶梯形夯土台上是高台建筑的特征，前述铜器上的建筑图象两侧屋面低，可能就是表示两侧和中部是分别的、单独的建筑物。这种形式在时代较晚的东汉武梁祠和孝堂山画象石上都更加明确地表现出来（图 5－1－6）。当然它是经过艺术概括的表现，不是建筑图，如武梁祠画象石所表现的是一个正面图，孝堂山画象石则是一个立面展开图。

根据上述各项推测可以得出一个初步概念：这一时期建造大面积大体量的建筑，是采用将它划分成若干小面积建筑的方式解决结构问题的。这样做就能够用跨度小、结构简易的构架，也许

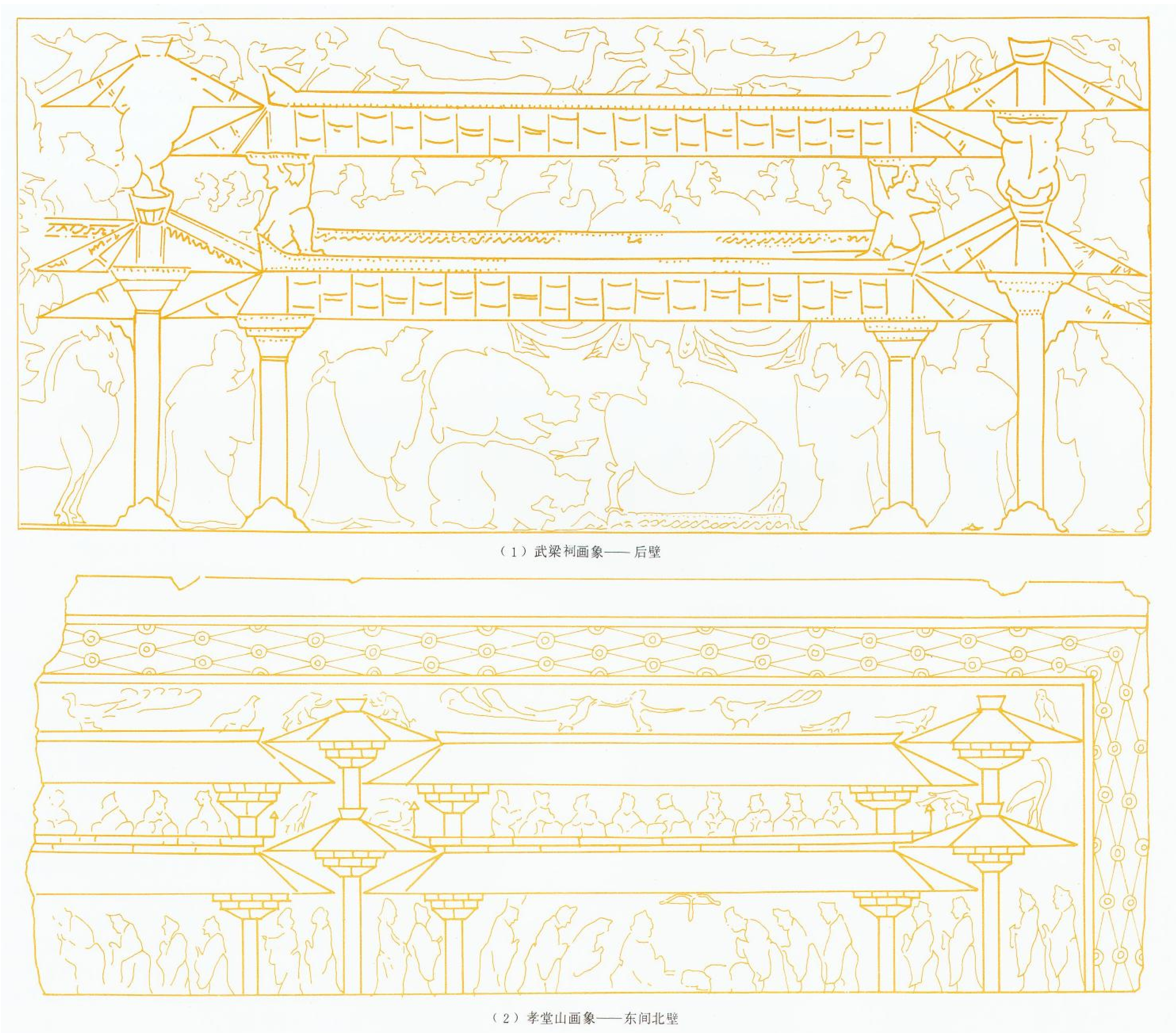
只须将一般穿斗、梁柱构架稍加改进，便可胜任。然而又产生了中心部分的采光通风问题，于是梯级形的夯土台使中心部分高于外围部分，这就形成了高台建筑的外形。具体构架形式虽无法肯定，从前述辟雍遗址柱子排列形式及铜器上的建筑画等推测，很可能是在沿建筑物的外围柱头上使用纵架，其上再加横架的形式。最后还应指出，在某些部位还可能利用夯土墩取得整个结构的稳定性，或由夯土台分担部分荷载，严格地说高台建筑是一种土木混合结构。

二 栈道及桥的结构

封建社会初期在经济上注意开辟土地、发展农业生产并带动了商业、手工业的发展。兴修水利、开辟道路、修造桥梁，是与之相配合的建设性措施，秦在公元前三世纪为了开发四川，修筑了栈道和都江堰，使生产发展、经济充裕，为统一全国取得了稳固的基础。当时蔡泽就说过"栈道千里，通于蜀汉，使天下皆畏秦"。以后继续创修了巴蜀的栈道，到西汉初已有嘉陵道（即故道）、褒斜道、阴平道、子午道四条通路。直到东汉时巴蜀始终是当时的重要经济区，所以有"自建武至乎中平（公元25—189年）垂二百载，府盈西南之货，朝多华岷之士"的说法，足见栈道对于政治经济起了重要作用。栈道又称为阁道、桥阁或简称为阁，是依山傍崖用木柱梁架设成道路。

道路、桥梁与农业生产的关系极为密切，它是生产斗争中的产物。奴隶、农民、手工业工人是创造者，他们在长期实践中积累了丰富的木结构技术经验。尽管平时在农业生产中所建造的道路桥梁，可能是小规模的、简单的，但是在国家投入了大量资金兴建大规模工程时，他们就能应用积累起来的经验，进一步发挥其创造才能，完成艰巨的伟大工程，必然促进了木结构技术的进步，同时也为后来大规模、大体量的宫室建筑准备了技术条件，在木结构技术史中有重大意义。

战国、西汉的栈道形式及结构没有留下文献记载，自东汉以来文献渐多。永平六年（公元63年）《开通褒斜道碑》记褒斜道有"桥阁六百三十二间，大桥五，为道二百五十八里"。建宁三年（公元170年）《郙阁颂碑》说："缘崖凿石，临深



（1）武梁祠画象——后壁

（2）孝堂山画象——东间北壁

图5-1-6 武梁祠和孝堂山汉画象石中的房屋

长渊，三百余丈，接木相连，号为万柱。”可以看出栈道是复杂艰巨的工程，除了大量土石方工程外，有桥阁、大桥等木结构工程。北魏永平二年（公元509年）《石门铭》曾记录“阁广四丈，路广六丈”可见工程之浩大。它的做法据《水经注》所记是“其阁梁一头入山腹，一头立于水中”，虽然这都是东汉以来的状况，但是由秦开巴蜀道的目的以及西汉初年关于军事战争中涉及栈道的记载看来，可以肯定早期栈道也是通行车马的。那么这种栈道其实是依崖而建的木桥，其结构方法，荷载力基本上和木结构桥梁相等，只是大梁的一端插入山崖中，简省了一部分柱子。



图5-1-7 （1）山东沂南汉墓画象石中的桥梁

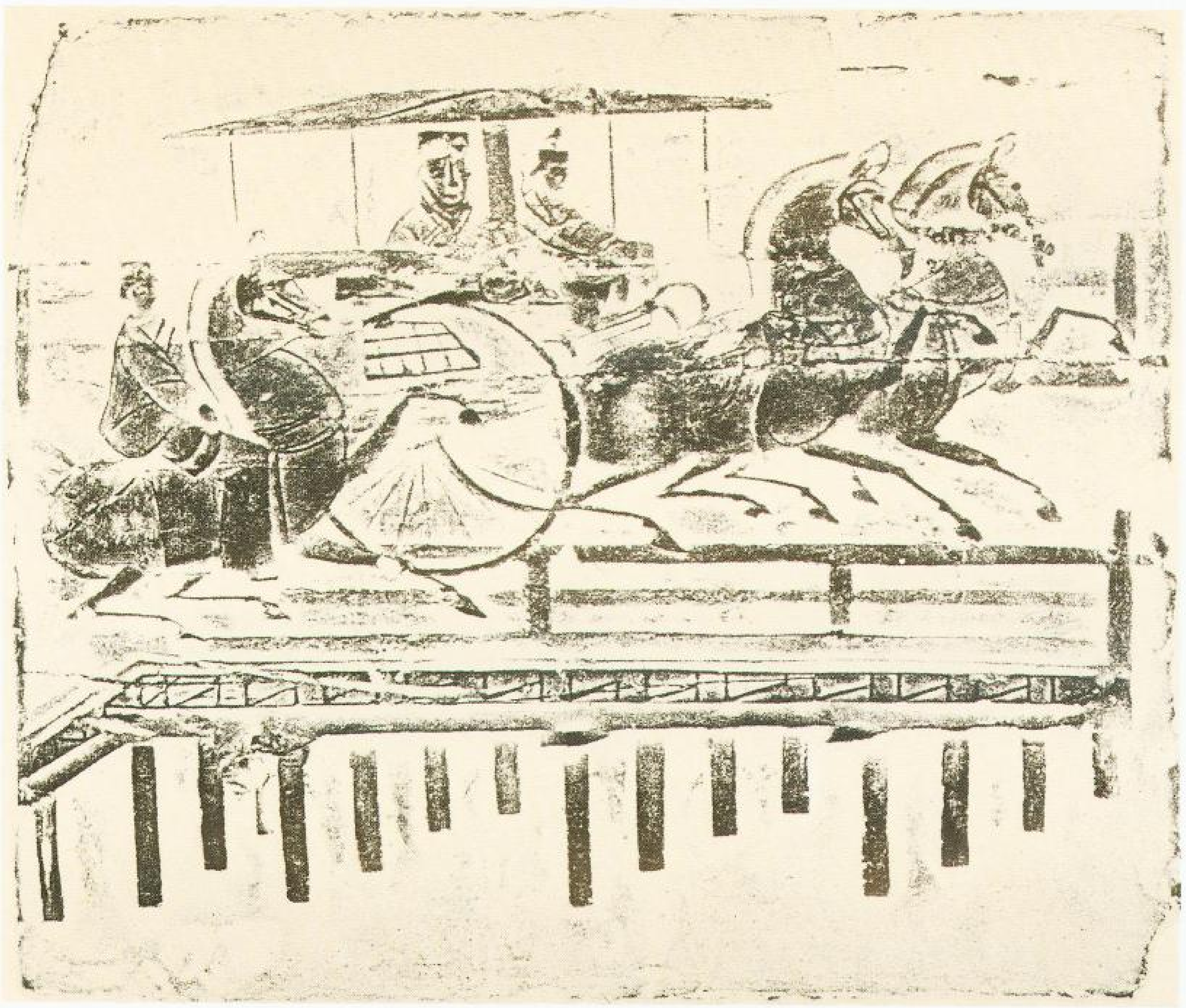


图5-1-7 （2）成都青杠坡汉墓画象砖中的桥梁



图5-1-7 （3）内蒙古和林格尔汉墓壁画渭水桥图

记载桥梁的文献较多，最具体的是《三辅黄图》记秦都咸阳渭河上的横桥：“引渭水灌都以象天汉，横桥南渡以法牵牛。桥广六丈，南北二百八十步，六十八间，八百五十柱，二百一十二梁。桥之南北堤激立石柱”。《水经注》作：“桥广六丈南北三百八十步，六十八间，七百五十柱，百二十二梁。”那么桥广合13.86米，长388.08米或526.68米，这些数字是否可靠尚难肯定，但可确信它是个规模相当大的木结构桥梁。所记柱梁数是如何分布的，两处记载数字不同，又与间数不相合，尚难肯定。但参照东汉时画象石及壁画的桥梁推测（图5－1－7），大致是每间立一排木柱，柱头上用横梁，横梁上又密排纵梁，如按和林壁画的表示，纵梁下通有层叠的挑梁（或斗栱），纵梁上铺厚木板，或加填土及卵石面。简言之，它是用成排的柱子组成排架作为桥墩，上面用层叠的悬臂梁或单梁构成桥身、桥面。照此看来，渭河横桥每间可能由十一或十二根柱组成一个排架，六十八间按总长平均每间跨度约7—9米，则应是使用层叠的挑梁，这是当时可能做出的木结构桥的形式。由此又可推测栈道的结构形式，大致也与此相近似。这种木柱桥现时已无遗物，而陕西、河北等地现有的石轴柱桥，尚留有此种桥的痕迹，只是以石轴柱代替了原先的木柱（图5－1－8）。

图5-1-8 石轴柱桥修建示意图

三 楼阁结构

《史记·秦始皇本纪》：“殿屋复道，周阁相属”，已经提到了阁。此外《三辅黄图》记西汉宫室建筑有汉武帝“作建章宫，度为千门万户。宫在未央宫西长安城外……乃于宫西跨城池作飞阁通建章宫，构辇道以上下”；“井干楼高五十丈”，“未央宫有天禄阁，麒麟阁”等等也提到了阁。阁或飞阁，即是利用高架的阁道以为宫室之间的通路，其高足以越城，其长可以跨池，形象地描述出阁道的作用，当然它是直接应用了栈道桥梁的结构技术。而所谓麒麟阁、天禄阁则是一种单独的房屋建筑，结构形式是由阁道派生的，只是由长桥形的道变为方或长方形平面的房屋建筑物，在外形上或许有较多的艺术加工，从此它成为一个新的建筑类型，被长期应用，发展到宋代时它已和楼没有区别了。

至于井干楼，在《汉书·郊祀志》中有较详细的记载：“立神明台井干楼高五十丈，辇道相属

焉”。颜师古注:“井干楼积木而高，为楼若井干之形也。井干者井上木柱也，其形或四角或八角。张衡《西京赋》云:‘井干叠而百层’即为此楼也”。则此种井干结构实是一种早已有之的传统方法，只是扩大了规模，由一般房屋的高度增加到“五十丈”高。五十丈可能是夸张之辞，但一定是大为超过了一般房屋,并且给予了一定的艺术处理。所以《盐铁论》说:“今富者井干增梁”，表明它曾被统治者大量应用。

还有另一种楼或重屋在防御建筑和商业建筑中发展起来了，前者是城楼，后者是市楼。也见于《三辅黄图》:“天风三年霸城门灾”，“长安城东出第二门曰清明门……汉书平帝元始四年东风吹屋瓦且尽”。近年长沙马王堆出土的驻军图中所绘的箭道城，是一个平面三角形的城，画出了两层高的城楼，并且还有角楼。又同书记:“夹横桥大道市楼皆重屋。又曰旗亭楼在杜门大道南。又有当市楼，有令署以察商贾货财买卖贸易之事”。由此看来市楼是商业性建筑，重屋则至少是两层高，横桥大道两侧都是市楼重屋，可见已是商业建筑的普遍形式，是由城市商业发展而产生的，其结构形式现时还不得其详，证以后来的楼房建筑，可能还是穿斗或梁柱构梁的形式。

总之无论是宫室建筑或民间建筑，此时都已开始向高层发展，为下一时期高层结构建筑技术打下了基础。

第二节 东汉至南北朝的木结构

东汉到南北朝末，共五百五十余年，其中东汉二百余年是一个全国统一的时期，经济、文化有比较稳定持续的发展。

遗留至今的东汉时期的石屋、石阙、画象石以及这一时期出土的许多陶屋、陶楼等，充分说明木结构建筑的主要结构体系——梁柱式和穿斗式，已经形成。前期的高台建筑转为满足特殊功能要求的建筑，或作为宫室园苑中的点缀。

重要建筑物中的大型的厅堂构架被创造出来，间广和主梁跨度逐渐扩大。

力求做成整体的构架，是这一时期在结构上的一项重大发展和成就。结构形式起了质的变化，一般房屋在外围柱子中部加一条横枋，无论是梁柱式或穿斗式都起了加强各个屋架间联系的效果，使得纵向和大额枋组成了一个整体框架，在此框架上更放横方向的梁架，显然稳固得多。这种改进明显地体现着整体构架的进一步加强。

重要建筑物中斗栱的使用已经比较普遍，可以看出各种结构形式和构件是在不同的功能要求下创造出来的，除了继承自周代就已出现的用大斗做为梁柱间承托构件外，还利用挑梁和简单斗栱(大多为一斗三升或二斗五升)做为出檐或平座的支撑结构，斗栱作为悬挑作用，在这一时期已经很明显的看出了。从斗栱的使用位置，可以区别出柱头、补间、转角三种形式，后代斗栱结构中的各种构成部分，在这一时期均已出现。

这一时期另一项重要的新成就是高层木结构建筑的木构架被成功的创造出来，从东汉的五层高的陶楼到北魏永宁寺九层木塔都可明显地看出。这种逐层立柱、逐层收进、逐层出檐的高层木构架，已为后一时期高层木构架奠定了基本形式。

在加强整体构架的同时，到南北朝时期，更注意了木构架的艺术加工，柱头、椽飞的卷杀以及梭柱、束竹柱等都已经出现。

我国古代建筑中独特的木结构体系和由这种结构特点而产生的建筑形式在这一时期也已形成，为以后一千余年的木结构技术发展打下了基础。

一 一般建筑的木构架

大量的雕刻、绘画以及模拟木结构的石雕建筑，使我们对这一时期的木构建筑有了较具体的认识，而不必再过多地依赖那些抽象的，含义不明的文献记载了。

一般构架是指数量最多的住宅等类规模较小的建筑。它们大都是悬山屋顶，往往在它的山面清楚地刻划出木结构的形象。大量东汉明器陶屋上普遍地表示出穿斗或梁柱构架形式，山面构架多加用中柱，跨度二或四椽。图（5－2－1）中的一个三间厅堂，还划出了用挑梁或栱挑出屋檐的结构，四椽梁上用两个短柱承平梁，平梁之上无蜀柱，很可能是使用三角屋架。三角屋架是本时期内普遍应用的形式之一，如东汉初的朱鲔石室就刻划出了三角屋架，另一个北魏石刻画上（图5－2－2）的两个三间屋，山尖下都刻划出三角屋架。下方一排廊屋的大门右侧屋檐下刻出四个梁头，它们都不在柱上，而是放在纵向的大额枋上，仍然保持着使用纵横相重叠的传统做法。凡此，都说明这一时期一般房屋建筑的构架使用穿斗、梁柱、三角架和挑梁出檐等结构形式，都是传统做法的继续应用。

由上图所见均可看到在外围柱间使用横枋。虽然也可理解为安装门窗或编竹墙的构件，但只要注意到，不但加用横枋，还在横枋上加用

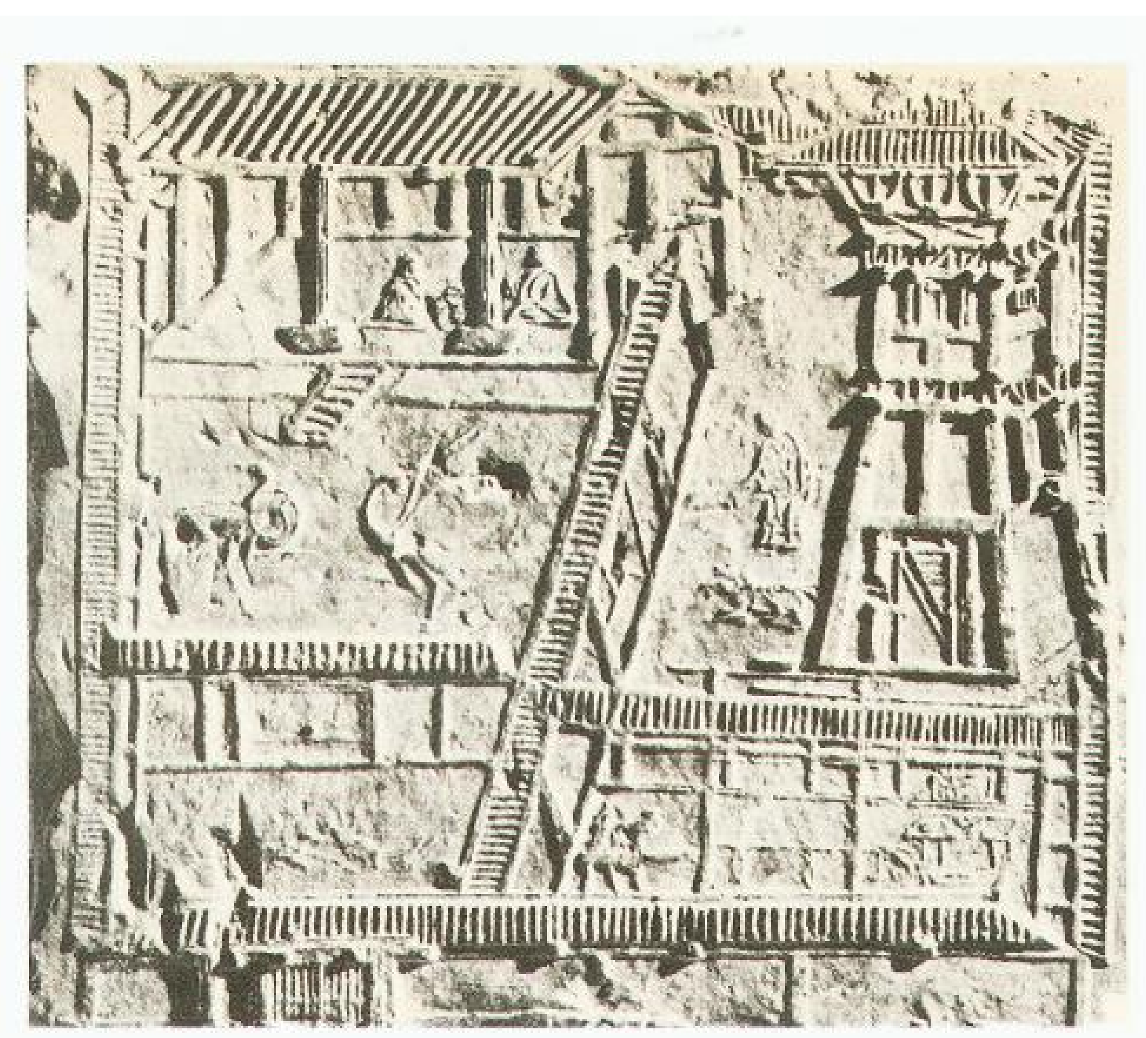


图5-2-1 成都杨子山汉墓画象砖中的厅堂建筑



图5-2-2 北魏孝子棺画象石中的房屋

了一根短柱，这就证明是加强结构的措施，使得全部外围柱子联接成一个整体框架，较之各个独立的柱子要稳定得多，因此，也就无须在转角处使用双柱了。这种做法，很可能是本时期内的一项新改进。

二 大型建筑的木构架

规模体量较大的房屋建筑一般称为厅堂，它们都为四阿或歇山屋顶，可以推想也会有与之相应的构架，从外观上虽然看不出构架形式，但按其柱子数量和排列形式,大概都是应用梁柱构架，而不用穿斗构架。屋面以下的结构大致可分为三种方式。

第一，是在柱上用斗栱承檐枋及横梁。在山东、四川的东汉墓中发现较多，均为石雕，柱高一般约2米左右，模拟木结构很真实。柱、栱比例很大，都是在栌斗上用一只栱，栱两端各用一只小斗。其结合方式亦有多种：四川彭山355号崖墓（图5－2－3）墓门栌斗上用曲栱，檐枋由

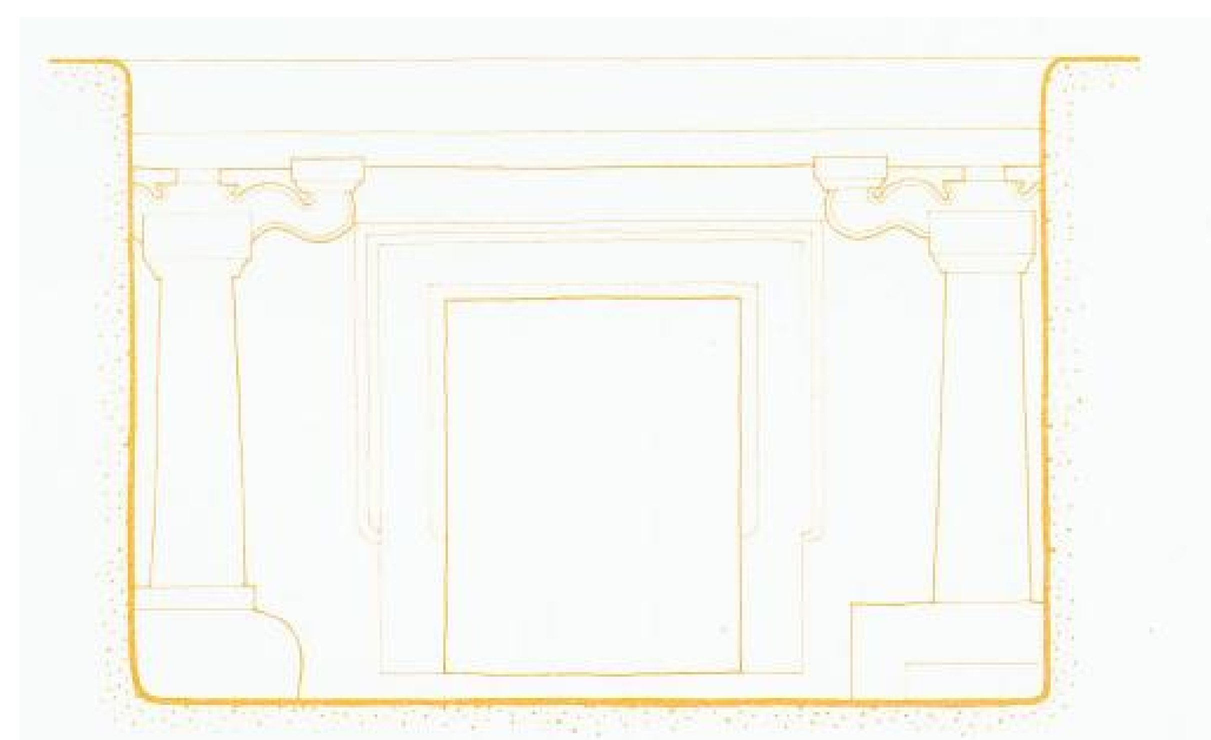


图5-2-3 四川彭山355号崖墓石柱斗栱

栱端小斗承托叠压于栱上,栱中部雕出一个方头。由另一墓——彭山460号崖墓（图5－2－4）柱、栱可以看出这块方头,是栌斗上横向短栱的出头。此短栱里端亦用小斗，应为承托横梁或横架的构件。彭山530号崖墓石柱上是转角斗栱（图5－2－5），它由两个半栱交叠而成，转角斜缝上不用角栱或角梁。还有山东沂南汉墓内（图5－2－6）石柱栱上更有替木的表示。这些实例，使我们了解到东汉时柱、栱、架、枋相结合的各种方式。

第二，是在柱头上用栌斗承通联数间的纵架。四川宜宾黄伞溪崖墓外廊是雕凿最好的一例（5－2－7），它的纵架是由栌斗口上的大额枋、

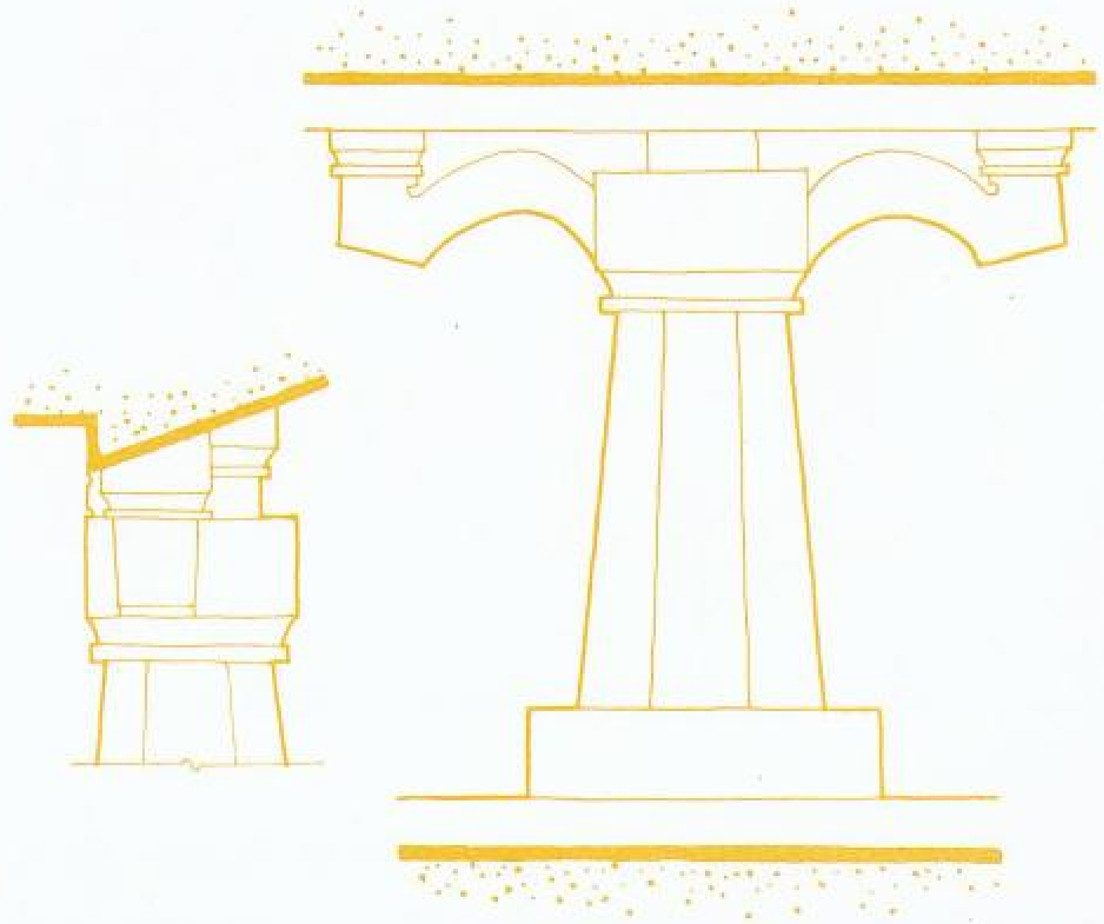


图5-2-4 四川彭山460号崖墓石柱斗栱

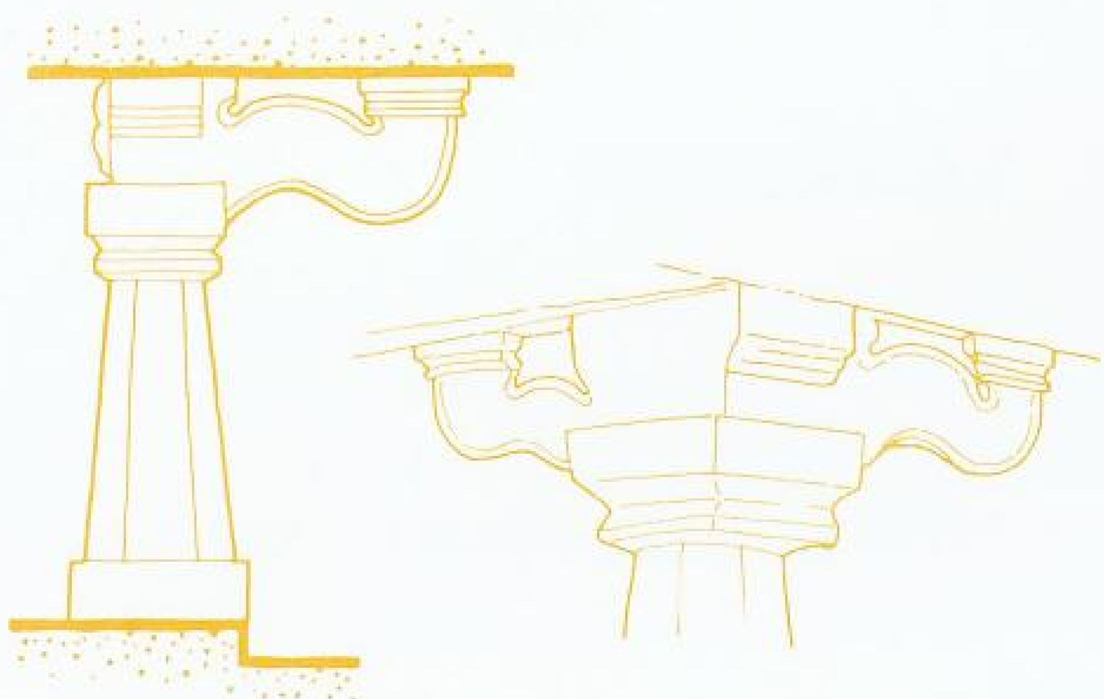


图5-2-5 四川彭山530号崖墓石柱斗栱

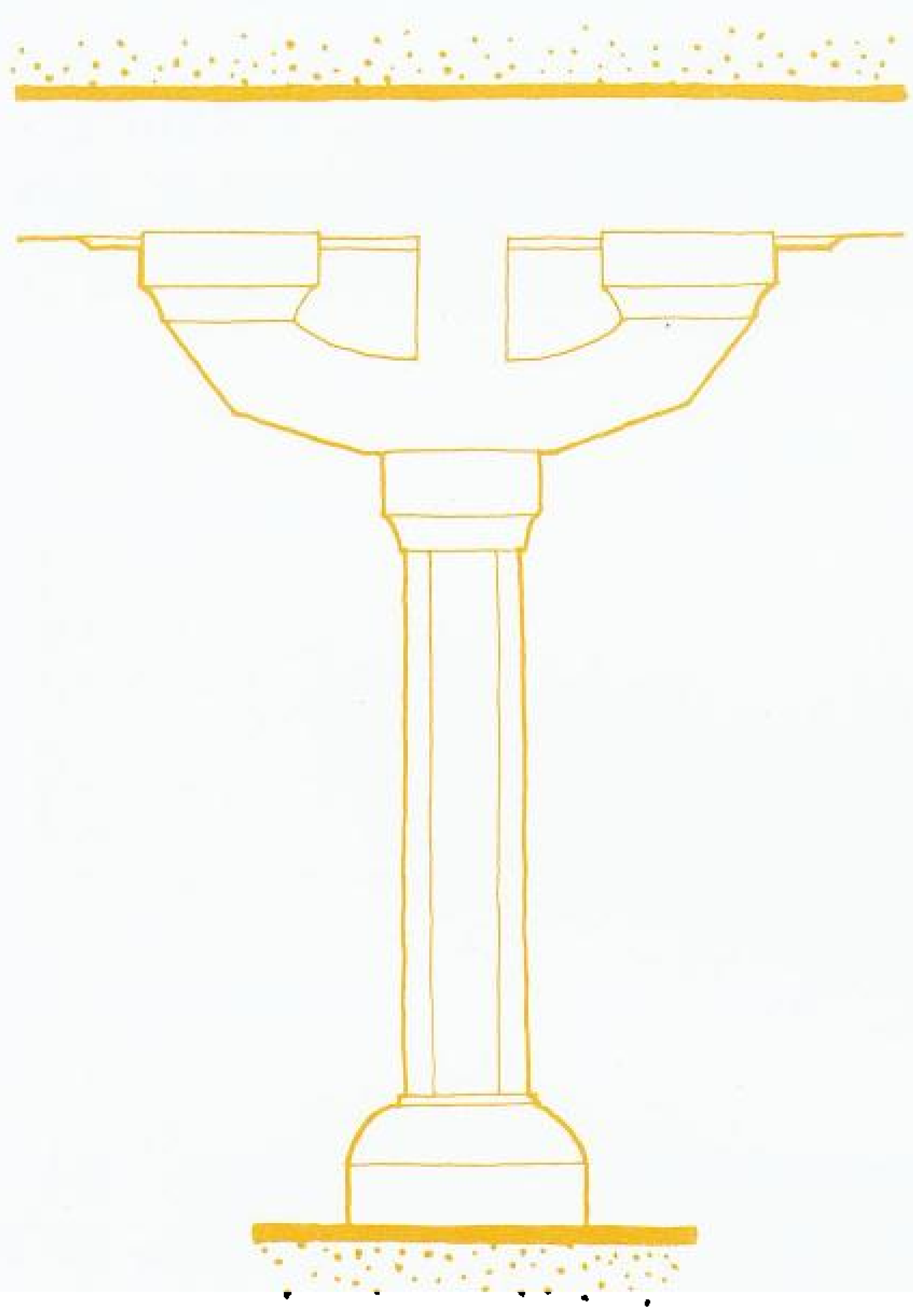


图5-2-6 山东沂南汉墓石柱斗栱

斗栱和上面的檐枋组成的。特别是它在檐枋上还雕出了一排方或梁头，按其尺度、排列密度以及与上面的瓦当的比例关系，如果它表示的是檐头，则过大而稀少，所以可能是表示梁头，反映出它的内部应是用截面较小的材料做成较密集的横梁或横架，或者是层叠的枋木。

第三，是由第二改进而来的，它与前者的区别，只在于将纵架下的额枋位置下移至柱头之间，

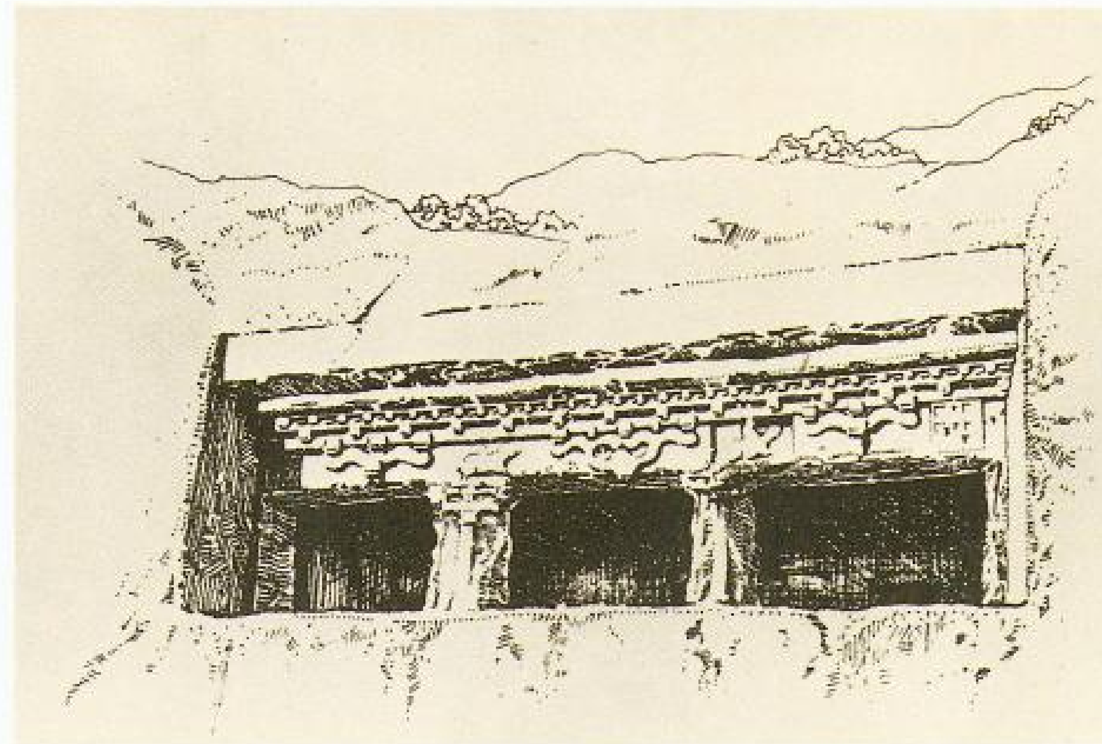


图5-2-7 四川宜宾黄伞溪崖墓前廊



图5-2-8 （1）河南睢宁汉画象石中的房屋

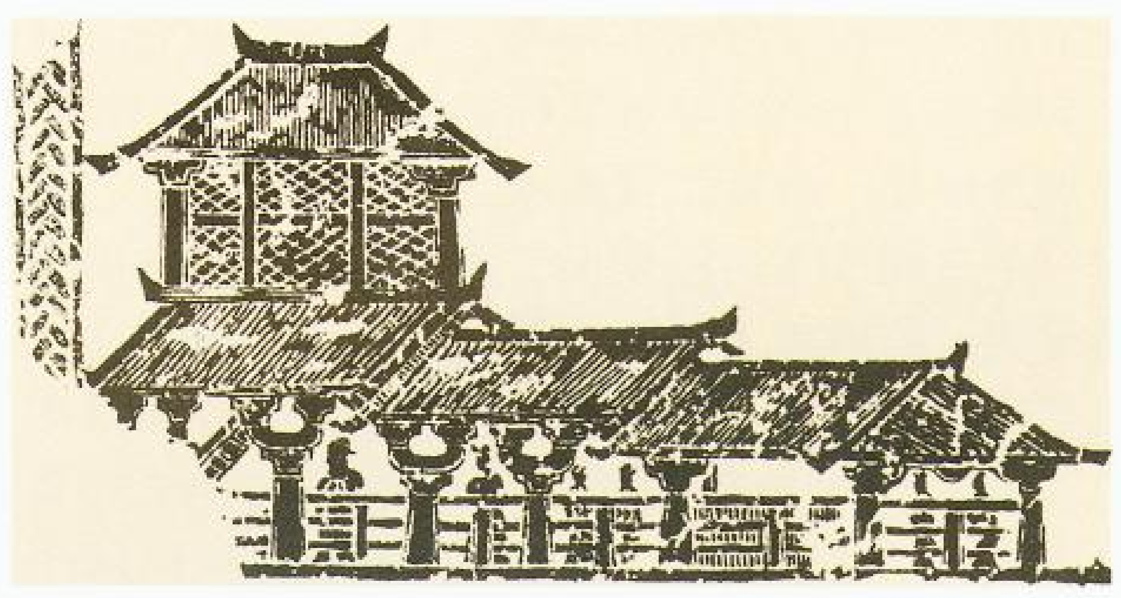


图5-2-8 （2）河南睢宁汉画象石中的房屋

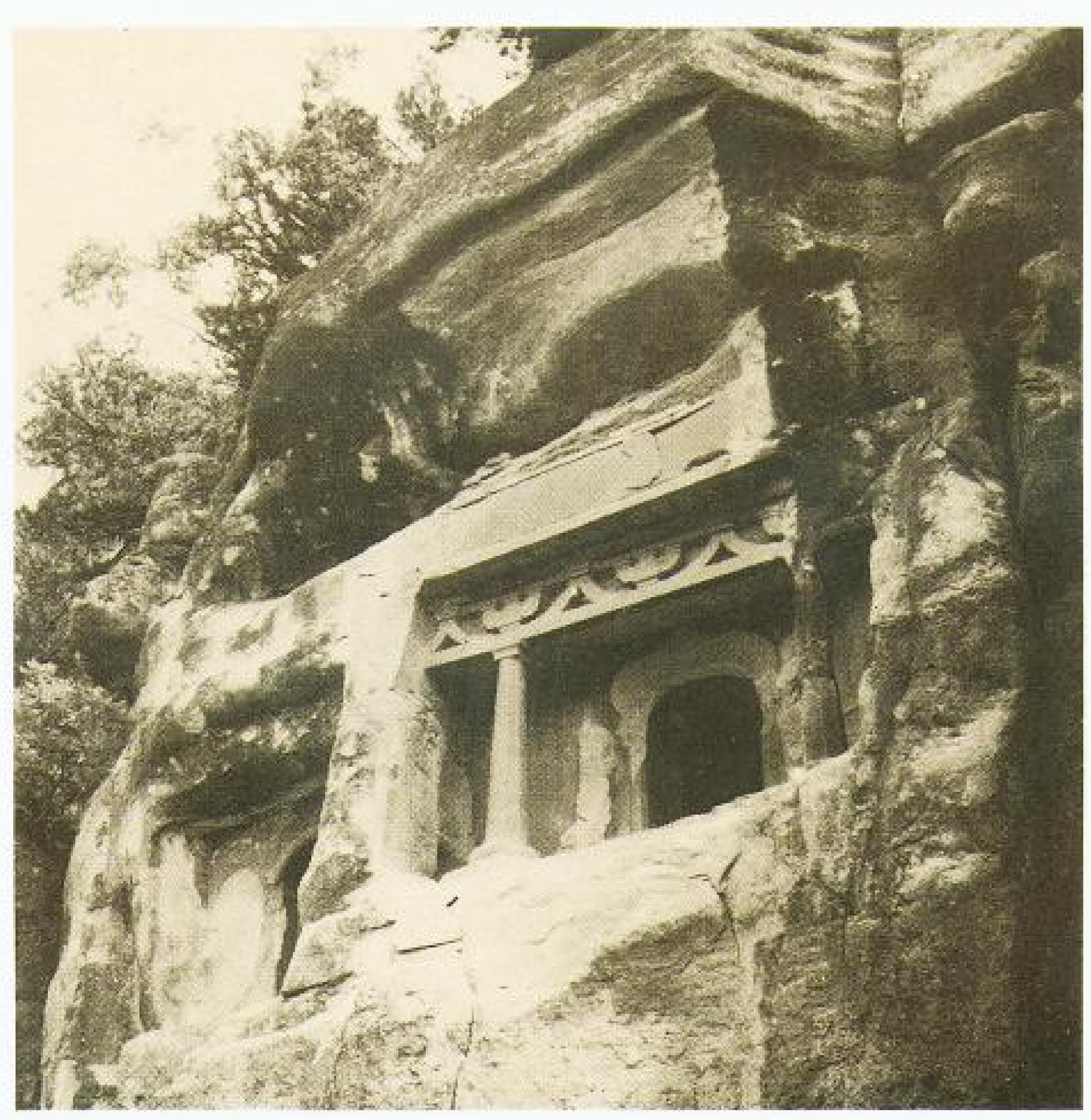


图5-2-9 太原天龙山第十六窟窟廊

即将柱子直接联接起来，而又使得柱头斗栱直接置于柱头之上而不是额枋之上（图5－2－8），使纵架和檐柱的联系更加密切。

这三种结构方式到本阶段后期时，前一种使用较少，后两种使用较多。如在云岗、龙门、麦积山、天龙山等石窟中，经常可见，尤以天龙山第十六窟窟廊作于公元560年，极其真实地雕凿出了木结构形象（图5－2－9），以其与黄伞溪崖墓外廊相较，其结构方式是一致的，只是艺术加工显然精致得多。

三 高层建筑的木构架（包括阙、楼阁及塔的结构）

（一）阙的结构

自周代以来就有阙的记载，那时的阙是如何构造的，不得其详。《史记》载西汉“营未央宫，立东阙、北阙”，武帝时作建章宫，“其东侧凤阙高二十余丈”，《水经注》记此阙高七丈五尺。就算七丈五尺，也要合19米左右，是相当高大的。据近年来西安发掘的几处西汉城门遗址及西汉末期的大建筑群遗址，看来那时的阙似乎是在夯土筑成的墩台外面包以木骨架，木屋檐。

东汉石阙保存至今的有将近三十处，还有大量画像砖石上刻画的阙，绝大多数都真实地表现出木结构形式，是研究东汉木结构技术最直接可靠的依据。

冯焕石阙（图5－2－10），阙身表现为两层，下层正面三柱，侧面二柱，柱头有额枋，柱脚有地栿。柱头上用栌斗承托三层重叠的枋木，每层枋木均各向外挑出少许，下两层是纵横相交成方格状，上一层只沿周边各用一条枋木。此上为一块雕有几何图案的厚石块，可能表示着第二层阙身是很矮的阁楼，其上又有用挑梁或华栱挑出的斗栱，最上是单檐四阿屋顶。参照同类石阙如渠县无名阙（图5－2－11）上层华栱之下还有短

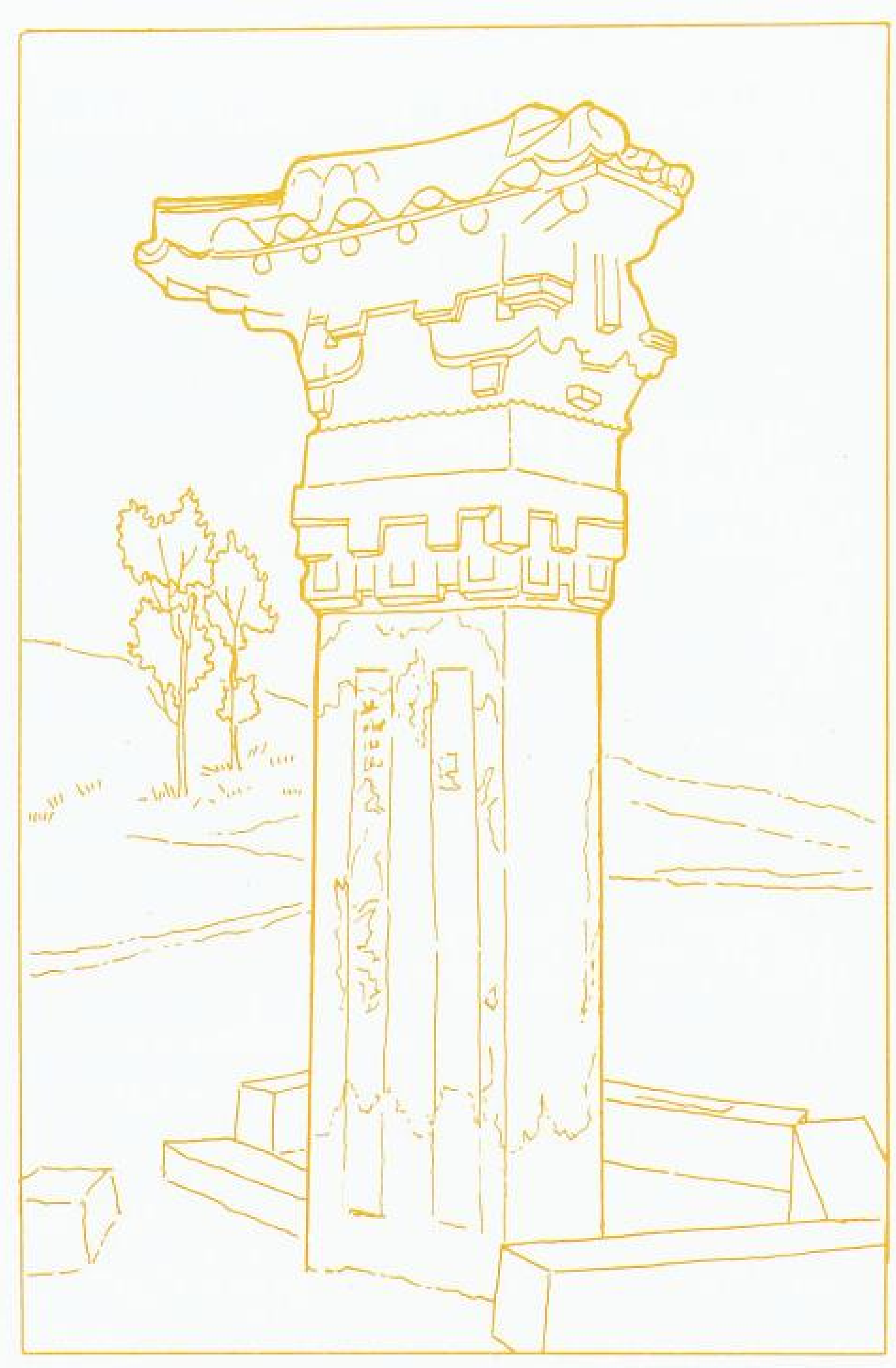


图5-2-10 四川渠县冯焕阙

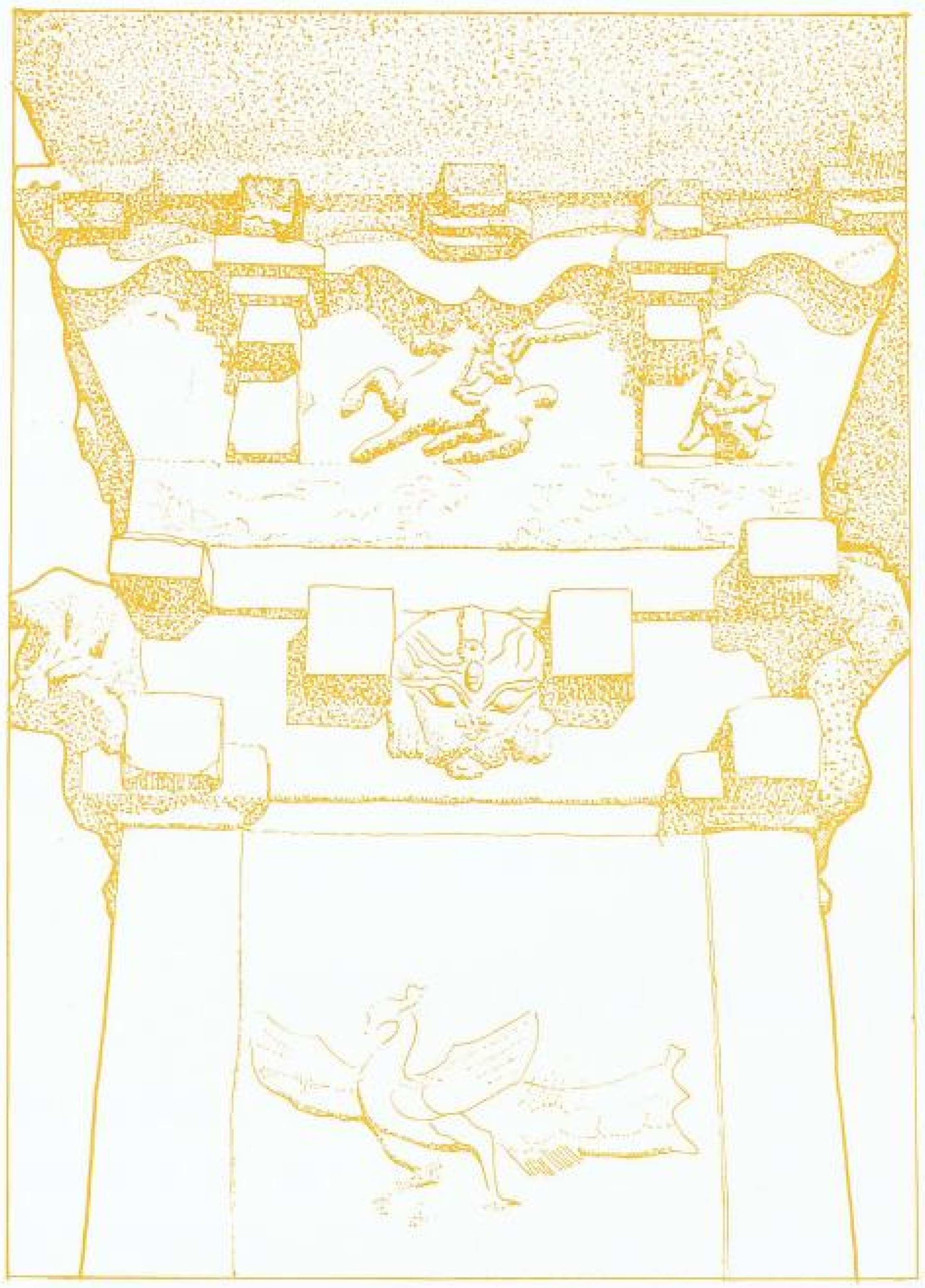


图5-2-11 四川渠县无铭阙



图5-2-12 四川雅安县高颐墓阙

柱，那么可以肯定是第二层阙身的柱子，它是立于层叠的枋木之上的。再上，在椽子下面有一条檐枋，而在另外两个石阙上，这位置也表现为纵横相交的枋木，应该也是当时通用的一种做法。高颐阙的屋顶表现为重檐形式，并且还保存了完整的基座（图5－2－12）。它的外表雕成短柱，栌斗上用枋木的形象，推测它的内部应是由成排枋木交叉重叠，阙身柱子即叉立于枋木之上。可见当时木结构建筑的基座，也有用木构架方式的。

成都出土画象砖所画的傍院中，有个外形和阙完全相同的建筑物，它位于院内，但当时不是作为大门的阙。此阙共为三层，上层是重檐四阿顶，上层门内刻划出楼梯，中层两面均有窗。下层、中层柱头上均刻划出层叠的枋木，表示出楼层的结构。同时还可以辨明带有斗栱的那一层是比较低矮的楼阁。下层柱子极显著地向内倾斜，可以证明侧脚方法在东汉时已是普遍应用的方法。

另一个成都出土的画象砖(图5－2－13)，画出带有子阙的双阙，均为单檐四阿顶，两阙之间以单檐屋顶的门屋相连。结构形式表现得比较粗略，但两层阙身均于柱头上认真地刻画出了层叠的枋木，而且正阙下层枋木多达五层，所以下层檐下也是一个阁楼，连同上檐的阁楼，此阙共为三层。在当中门屋上，也刻出两层重叠的枋木，

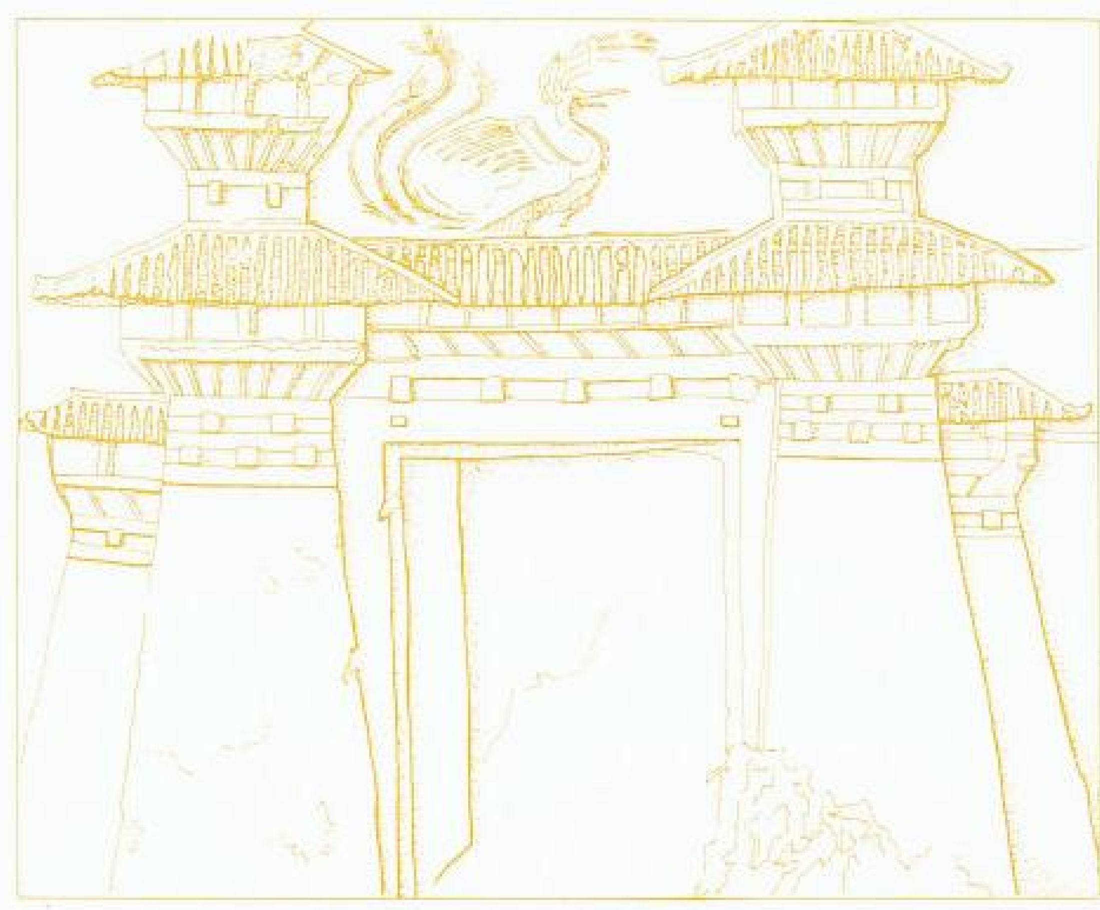


图5-2-13 成都杨子山汉墓出土画象砖中的双阙

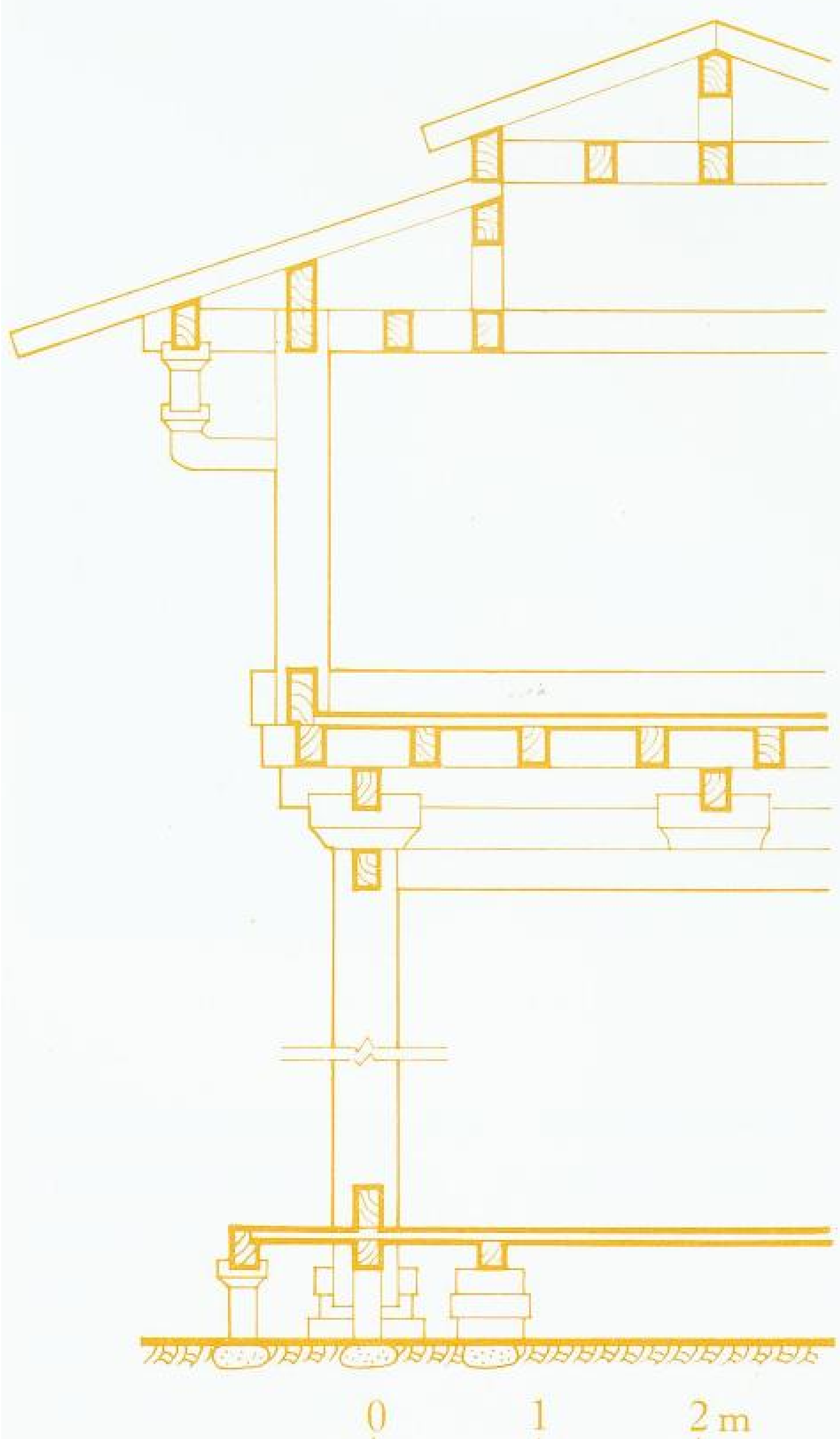


图5-2-14 汉阙结构想像图

按其表现形式，是一个长条形的阁楼，是可以通达双阙下层阁楼的通路。

综上所述，阙的结构特点是柱上使用纵横相叠的枋木，柱子已有显著的侧脚。这些阙的形式是如此的一致，使我们只能认为它确实反映了当时的真实面貌，并可据以拟订出阙的结构图（图5－2－14)。而且直到北魏时壁画中虽曾有高达四层的阙，但其结构仍然未变，如敦煌石窟中许多北魏壁画及泥塑的阙，它们都极认真地在屋面或斗栱下面表示出层叠的枋木(图5－2－15)。可见在这一时期中它始终是结构上的重要部分，它可能是由井干结构发展出来的。



图5-2-15 敦煌石窟第275窟壁画中的阙门

(二)楼阁的结构

楼阁是画象石上常见的题材之一，还有许多明器陶楼可称制作精细的模型(图5－2－16)。这些资料中的楼阁最高有五层，都很注意表现出自下至上逐层收小减低的形象。其中只有函谷关东门图的下三层刻画出外廊，其它各例都没有外廊。这些楼阁应用屋檐和平座的方式变化较多，有逐层均用屋檐及平座的；有只用屋檐不用平座的；有逐层相间用屋檐或平座的等等。平座做法多数系直接与下层屋檐相接，少数平座下有斗栱承托。

画象石上刻画的楼阁虽多，能够表现出结构的却很少，只有沂南汉墓画象石中有一个阙门和一个仓屋（图5－2－17）画出了在纵横层叠的枋木上竖直上层柱子，与石阙表现的结构相同。还有铜山的一块残画象石保留着楼层的一角（图5－2－18)，那是用下层柱栱承托着大梁，上层柱立于梁上，但是极可能仍然是层叠枋木的做法，而被作画者所简化概括了的形象。

明器陶楼所表示出的屋檐下和少数平座下使用斗栱承托，提供了一些斗栱结构形式。除了少数用华栱如函谷关东门图（图5－2－19）外，大多数是在挑梁上用斗栱，有一斗三升斗栱，有一斗三升上加替木，有重栱上加替木，但都只有一挑，挑梁都特别硕大。转角做法多是两面各出一挑梁。有的阁楼在转角上出一个45°挑梁，梁头上又加一条正交的大枋木，再与此枋木两端各用一个一斗三升栱，是较少见的转角做法。

(三)木塔的结构

塔是随着佛教传入后出现的宗教建筑，东汉

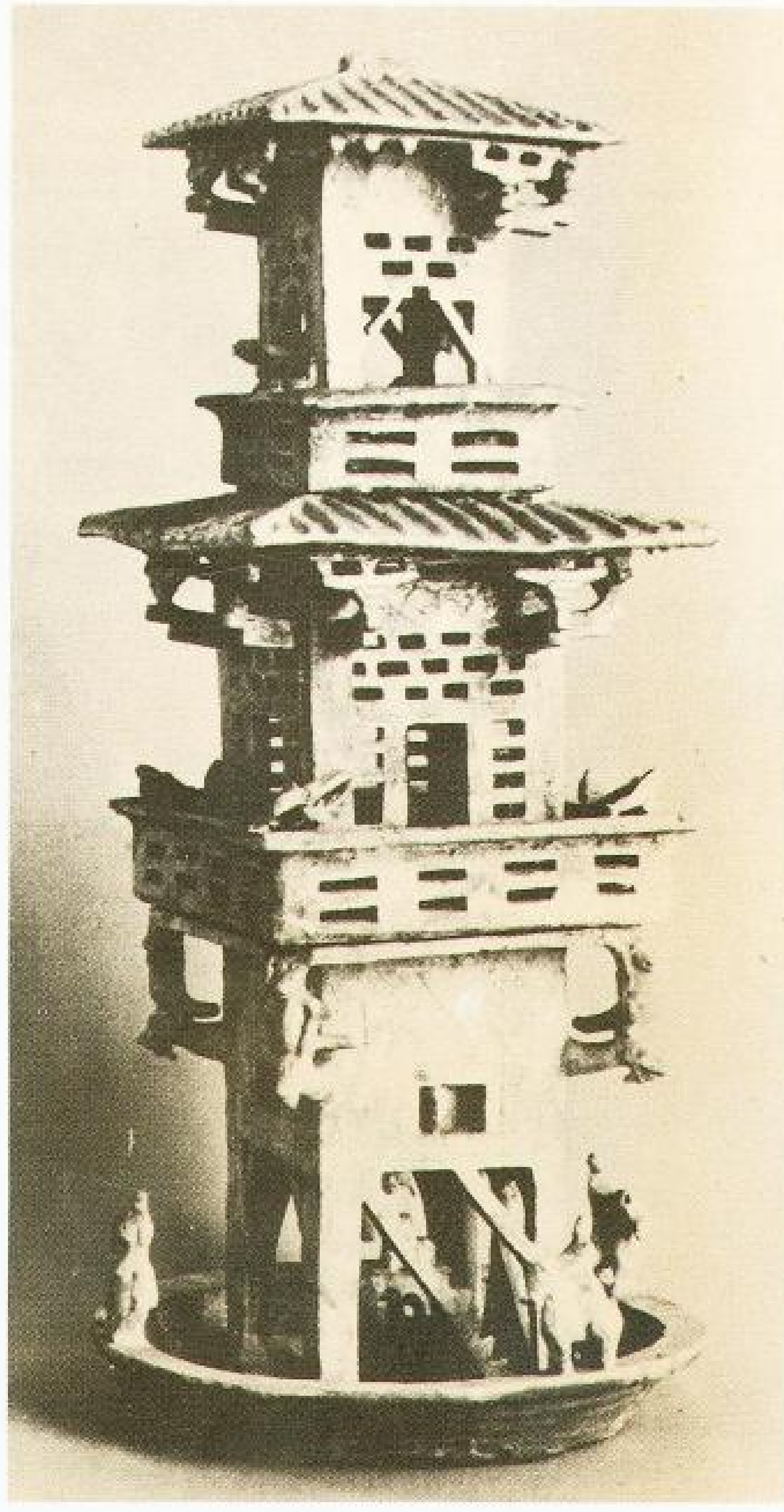


图5-2-16 （1）河南陕县汉墓明器陶楼

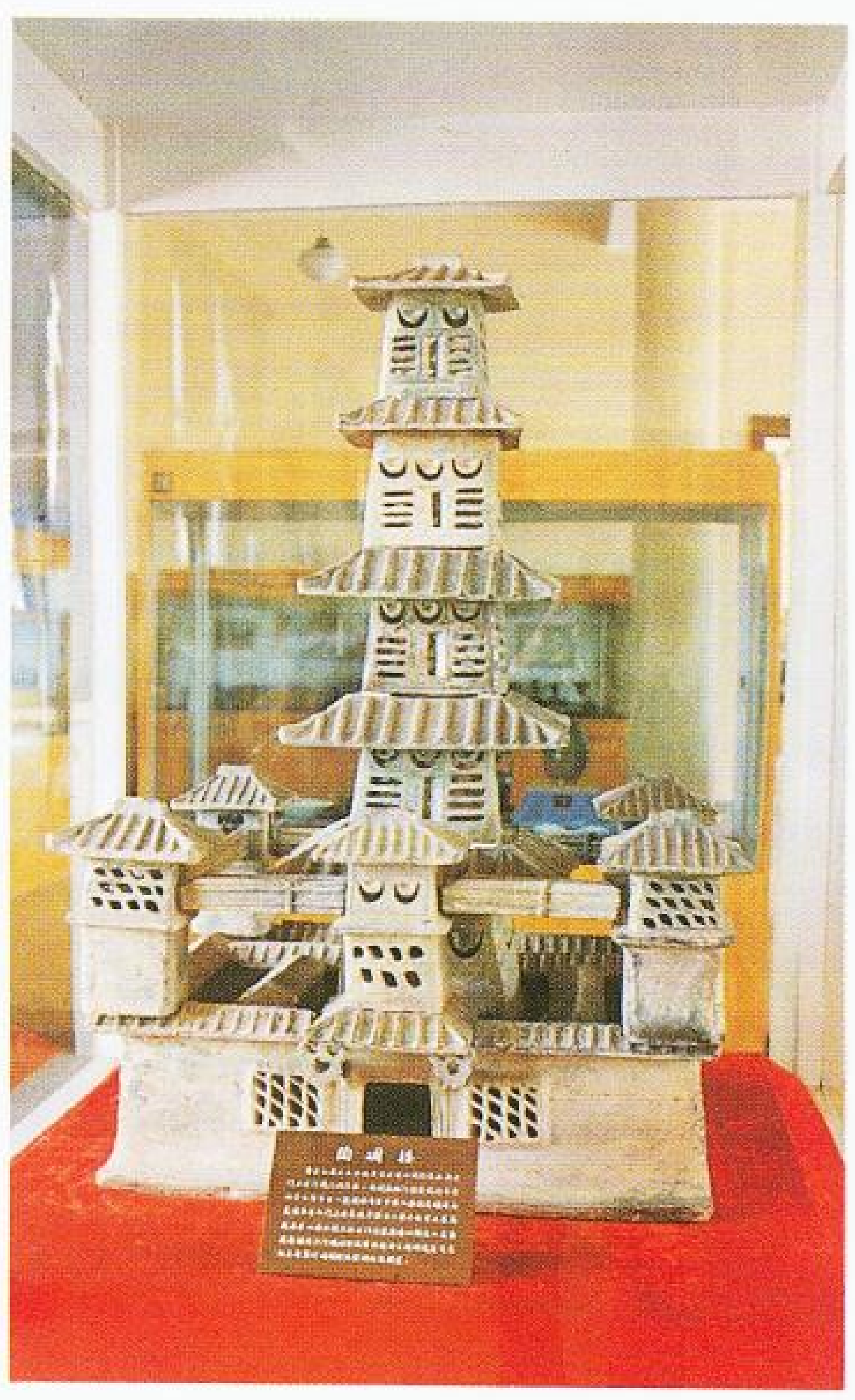


图5-2-16 （2）甘肃武威汉墓陶楼

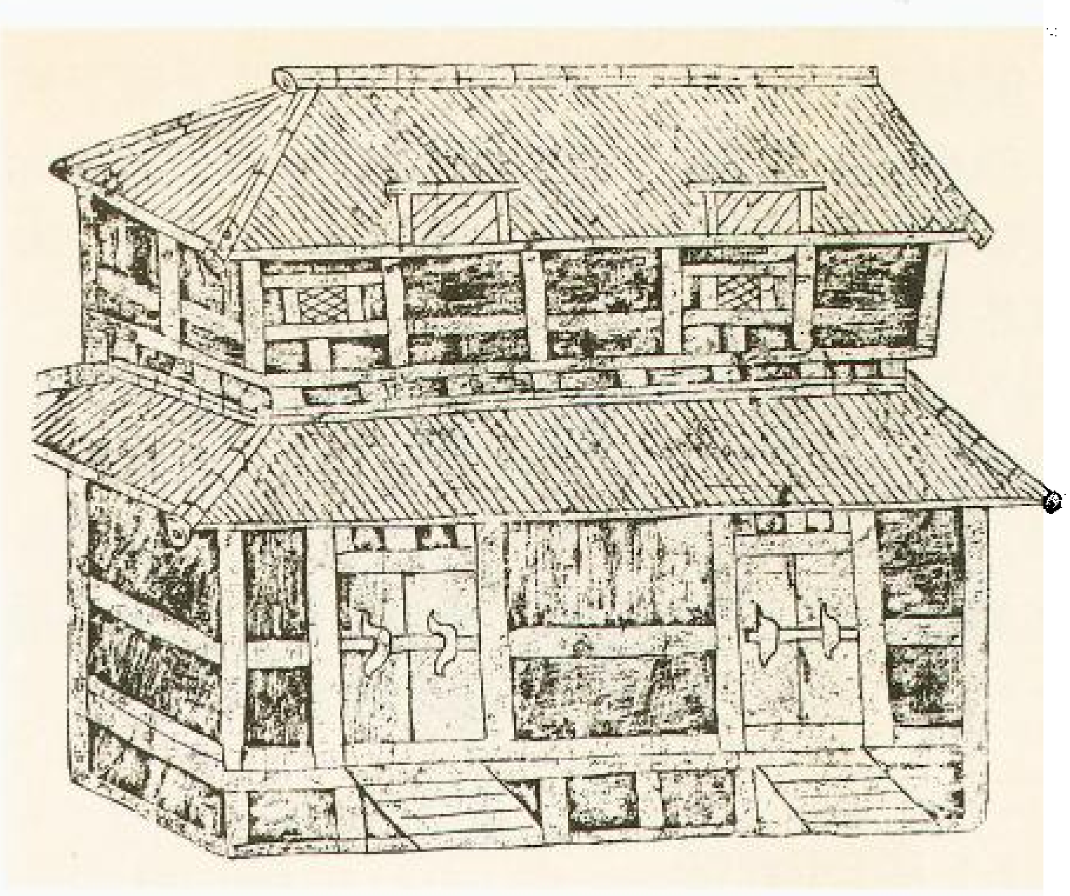


图5-2-17 山东沂南汉墓画象石中的仓屋

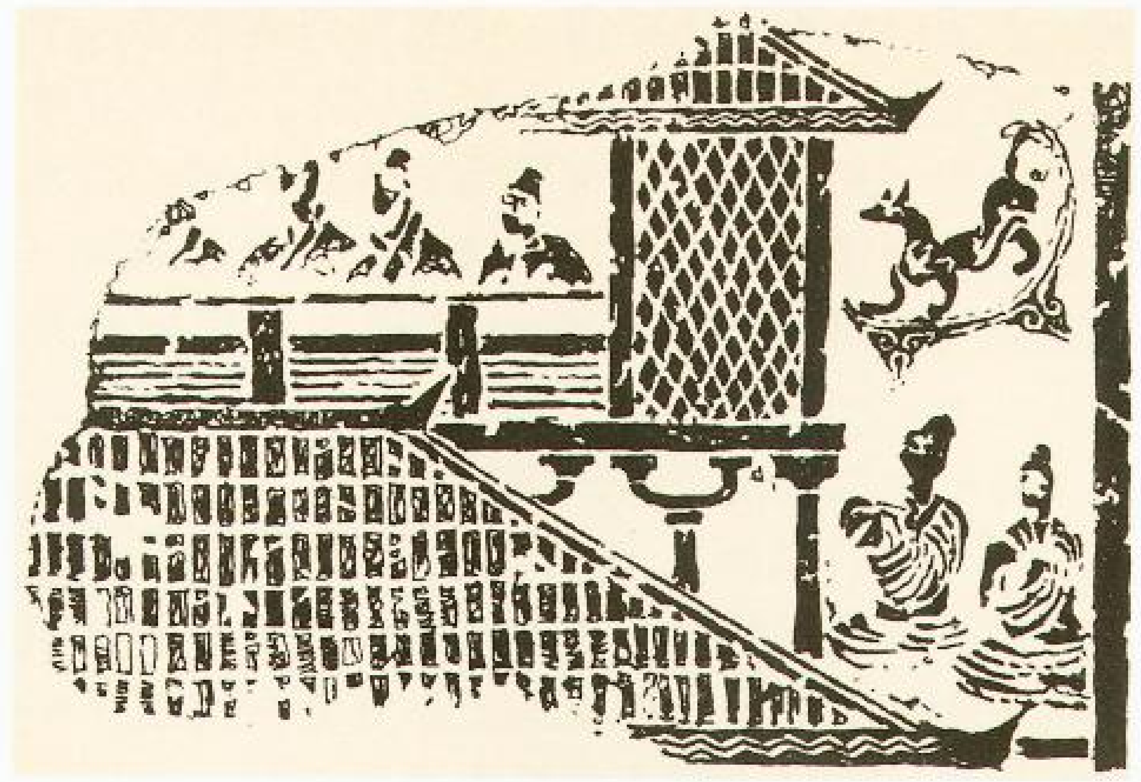


图5-2-18 江苏铜山汉画象石中的楼房

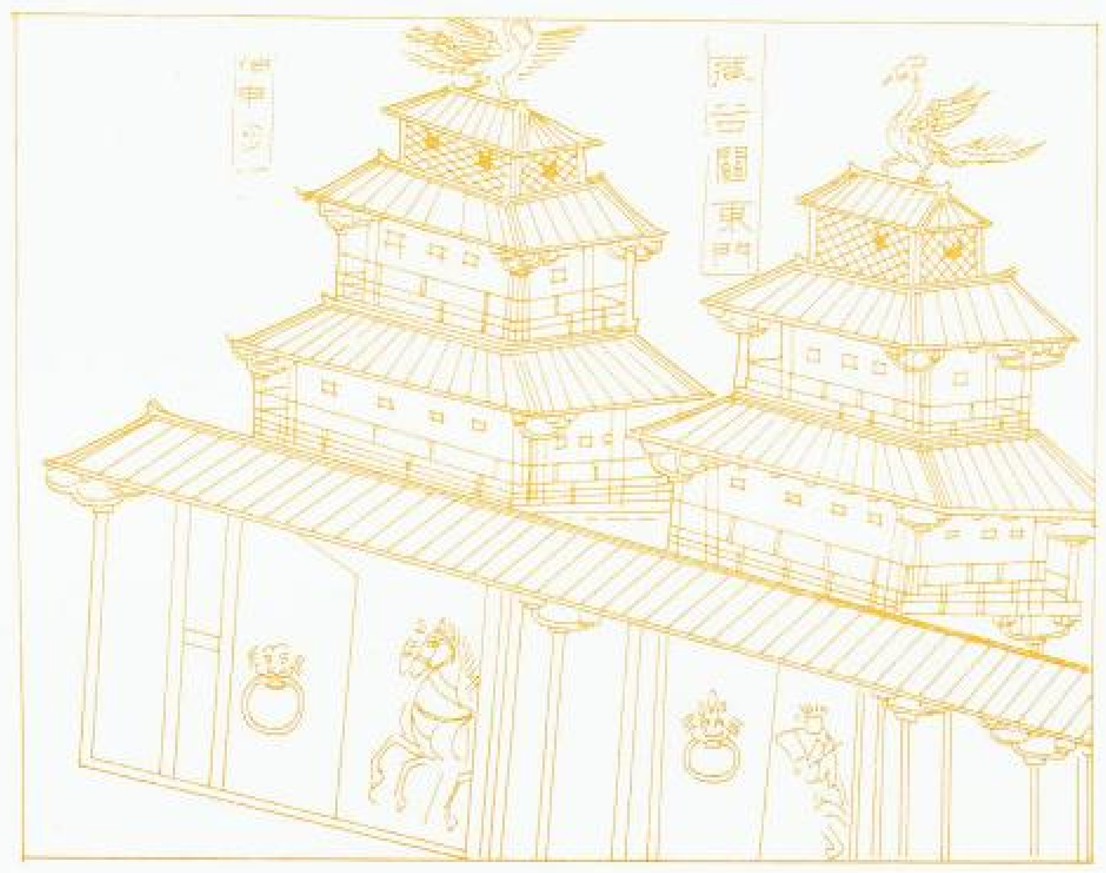


图5-2-19 汉画象石中的函谷关图

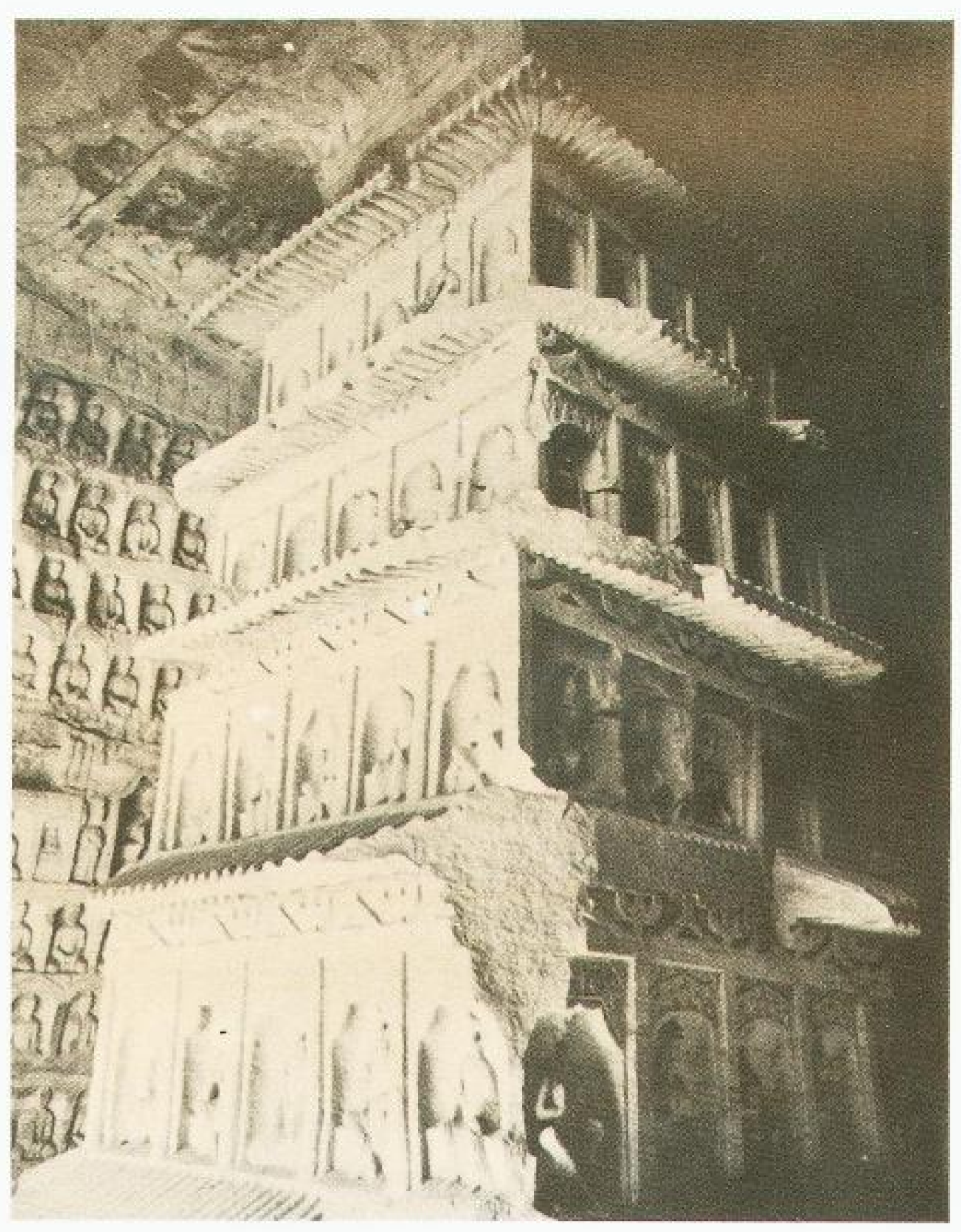


图5-2-20 大同云冈石窟第21窟石雕塔柱

末即有建塔的记载。北魏在洛阳已经建造九层木塔，我们将另作讨论，这里只略述云岗石窟第二十一窟的塔柱。它是北魏时期石窟雕刻，壁画中最真实地表现了木结构形式的塔（图5-2-20）。这座五层方塔，每层都是五间，逐层间广，层高均小于下一层。每面用六根方柱，上三层，柱头雕有栌斗，下两层没有，可能是雕刻时所省略。栌斗上均不用出跳栱，直接承托大额枋，枋上于柱头位置用一斗三升栱，每间中部用人字栱，角柱上每面只用半只栱，其上便是檐枋、椽子。各层都是在下一层屋脊之上便雕出上一层柱子，没有平座。

根据上述外观形象，对它的结构可作如下推测：檐下枋、栱结构与前述黄伞溪汉墓基本相同，应属纵架形式。所以，在塔身之内至少还应有一周纵架。塔身最上一层即在纵架上用横架承屋面，其它各层可能是在纵架上用纵横相叠的二至五层枋木以承上一层柱子并铺楼面板。由于塔身每两层之间须做屋面，上层柱位必须较下层柱收进较多，才便于安椽子，因此上层柱只能采取叉立于层叠的枋木之上的方法。这也是在东汉楼阙上所已经看到的传统做法。

四 北魏永宁寺木塔结构的估计

北魏熙平元年（公元516年）于洛阳永宁寺建九层塔，其规模高度均见于文献，近年又发掘出它的遗址，取得一些具体尺寸，虽然还远不能据以作出复原图，但对于探讨它的形式、结构，多少增加了一点依据，使我们可以试作一点估计，以便对这个历史上著名的高层建筑有稍微具体的印象。现在先节录两种文献记载。《洛阳伽蓝记》卷一载："中有九层浮图一所，架木为之，举高九十丈，有刹复高十丈，合去地一千尺。去京师百里已遥见之。……刹上有金宝瓶，容二十五石，宝瓶下有承露金盘三十重，周币皆垂金铎，复有铁镶四道，引刹向浮图四角。……浮图有九级，角角皆悬金铎，合上下有一百二十铎，浮图有四面，面有三户六窗。户皆朱漆，扉上有五行金钉，合有五千四百枚，复有金环铺首。……"

又《水经注》卷十六榖水载："永宁寺，熙平中始创也。作九层浮图，浮图下基方十四丈，自金露盘下至地四十九丈。取法代都七级而又高广之"。

据发掘报告现存基址分三层：第一层长101米，宽98米，高2.1米；第二层方50米，高3.6米；最上层约方10米，残高2.2米，并残存六、七个柱痕，柱方0.5米。

按北魏尺每尺约合今0.28米。《水经注》记基方十四丈，合39.2米，与发掘出的基址中层相近，因知塔基座为两层，第一层基座应为方三十六丈（100.8米），高七尺五寸（2.1米），第二层基座方十四丈（39.2米），高一丈三尺（3.64米）。此上便是塔身底层。据《洛阳伽蓝记》"每面三户六窗"，未提及外廊，应为每面塔身九间。如每间广一丈四尺，合十二丈六尺（35.28米），每面余阶沿七尺。如每间广一丈六尺，合十三丈五尺（37.8米），每面余阶沿二尺五寸还有所谓上层基址，仅方10米，残存2.2米，原发掘报告说"顶层台基系用土坯垒砌"，所以它不是塔身的基址，可能是塔内佛龛的基座。其大小大致占三间见方面积，即方四丈五尺（12.6米）或四丈二尺（11.76米）。此为底层平面的约略估计。

北魏木塔外形，除前述云岗第二十一窟塔柱外，还有许多浮雕塔。敦煌石窟壁画中也描绘了

不少寺塔。它们共同特点都是从下至上逐层递减间广和柱高，而间数不减，每层有屋面无平座。《洛阳伽蓝记》称"面有三户六窗，户皆朱漆，扉上有五行金钉，合有五千四百枚"。按每面三户，每扉五行，每行五枚计，四面共有金钉六百枚，九层共合为五千四百枚，可知"三户六窗"每层皆同。又"浮图有九级，角角皆悬金铎"，则可断定每层均有屋檐。因此估计其整体外形约与云岗第二十一窟塔相似。

对此塔高度的估计是困难问题之一，两种文献记载一说高一千尺（280米），一说高四百九十尺（137.2米），相差一倍多，而且似乎都过于夸张。只得按唐宋建筑一般柱高、举折等尺度作一推算，以供参考。现存自唐代以来的木结构建筑的柱高最多不超过间广。为粗略估计塔的高度，暂以柱高与间广相等计算。底层柱高如间广一丈五尺，柱上大额，斗栱纵架，约高五尺，屋面举架约计高三尺，底层总高为二丈三尺（6.44米），如按间广一丈四尺则为二丈二尺（6.16米）。自底层第七层，假定每层间广较下一层减小四寸，柱高亦减五寸；第八层间广减一尺，柱高亦减一尺，纵架及举高不变；第九层间广，柱高各减一尺，纵架高五尺，屋面举架高一丈五尺。如柱高一丈四尺，则举架高一丈三尺五寸。这样可以进行逐层推算。如底层间广一丈五尺总高为一百九十九尺五寸（55.86米），如底层间广一丈四尺总高为一百八十九尺（52.92米），再加基座高二丈〇五寸，刹及刹座估计高五丈，则全塔总高不得大于二十七丈一尺（75.60米），似乎是较为合理的。

第三节 隋唐五代的木结构

公元581年，隋朝取代了北周，又于589年灭陈，从而结束了南北分裂对峙达三百余年的局面，在中国的主要部分，实现了统一。隋朝的统一，使封建经济有新的发展。

隋文帝于即位的次年（开皇二年，582年），在汉长安以东新建都城——大兴城；这就是举世闻名的唐长安城的前身。隋炀帝继位以后的第一年（大业元年，605年）又下令新建洛阳城作为东都。这两座新建的都城，包含许多大规模的营建工程，因此促进了技术的发展。当时出现了一批卓越的建筑技术家，例如宇文恺、阎毗和何稠等人。

隋代前后在岐州（陕西凤翔）营仁寿宫，在皂涧（河南新安）营显仁宫以及营江都（江苏扬州）宫，都是历史上奢侈豪华的宫殿群。

隋文帝时，还曾指定在全国四十一处城市建立佛塔，按统一颁发的塔样，同时兴工，称为"大隋仁寿舍利塔"，估计可能是一种木结构的塔。隋炀帝时，在东都观文殿建立第一座按四部（经、史、子、集）分类排架的图书馆，装有机械；踏上阶道，门扉帘幔就自动开阖卷舒（《大业杂记》）；宇文恺所造的观风行殿，三间两厦，上容侍者数百人，离合为之，下施轮轴，推移倏忽，有若神功（《隋书·宇文恺传》），是隋炀帝巡游甘肃、青海一带所用。何稠所造六合城，"其城周围八里，及女垣合高十仞。上布甲士，立仗建旗，四图置阙，面别一观，观下三门，迟明而华……"（《隋书·何稠传》）。这些巨大构筑物或可移动、或可拆卸拼装，转运至他处。

以上多少反映了隋代在技术上的发展水平。但是，就全体而言，隋至初唐的木构建筑，大体仍然保持南北朝时期的木构技术传统。存留到现在的初唐宫殿遗址如大明宫麟德殿、含元殿，都有保持早先特点的结构方法。

隋代统一以后，决定恢复古来明堂制度。当时对明堂的形制，聚讼不已，莫衷一是。宇文恺受命规划明堂，为此专门到不久以前平毁的南朝都城建康进行了考察。他追述这次见闻说："梁武（萧衍）即位之后，移宋时太极殿以为明堂，……平陈之后，臣得目观，遂量步数，记其不丈，犹见焚烧残柱，斫毁之余，入地一丈，俨然如旧。柱下以樟木为跗，长丈余，阔四尺许，两两相并……（《北史·宇文恺传》）。

这里讲到的刘宋朝庭的太极殿，梁朝用作明堂；它的木柱入地一丈，柱下以樟木为"跗"。这种载柱入地的做法，即《营造法式》所说的"永定柱"，于其上可以建立平座和上部殿身木构，我们从初唐大明宫的含元殿、麟德殿遗址中，还可以看见这种栽柱入地的做法。再后，我们从宋画的滕王阁和黄鹤楼（它们可能以当时见到的唐代原构作模写对象）中见到木平座构成的重台的勾栏；虽平座铺作立于地栿，而不是永定柱上，但犹存一些遗意。到了宋代，用"永定柱"的平座、阁道便不见诸实际，仅在《营造法式》的记载条文中留下一些痕迹。

再看武则天于洛阳（当时称"神都"）所建的明堂："垂拱四年（688年）二月庚午，毁乾元殿，于其地作明堂，以僧怀义为使，凡役数万人。十二月辛亥，明堂成。高二百九十四尺，方三百尺，凡三层，下层法五时，各随方色；中层法十二层；上为圆盖，九龙捧之，上施铁凤，高一丈，饰以黄金。中有巨木十围，上下通贯，栭、栌、欂、槐，籍以为本。……"（《旧唐书》）。

这种作为"栭、栌、欂、槐"恐依的上下贯通之巨木，实即中心柱；这令人想起与隋代同时的日本法隆寺五重塔用中心刹柱的结构。这是南北朝时期木塔结构的主要形式之一，也是古代多层木构的一种型式。

根据一些形象资料，如敦煌唐代壁画（图5-3-1），大雁塔门楣石刻（图5-3-2），李贤，李重润等墓内壁画中的建筑形象，所见的初唐木构相当简洁。一般，不用补间铺作，各铺作皆偷心，没有赘余的无结构用途的构件，没有繁缛的雕饰。这些资料多少反映一些当时的建筑面貌，但这些资料远远不能反映当时技术和建筑形制的发展水平。例如，敦煌壁画中的建筑很简单，只

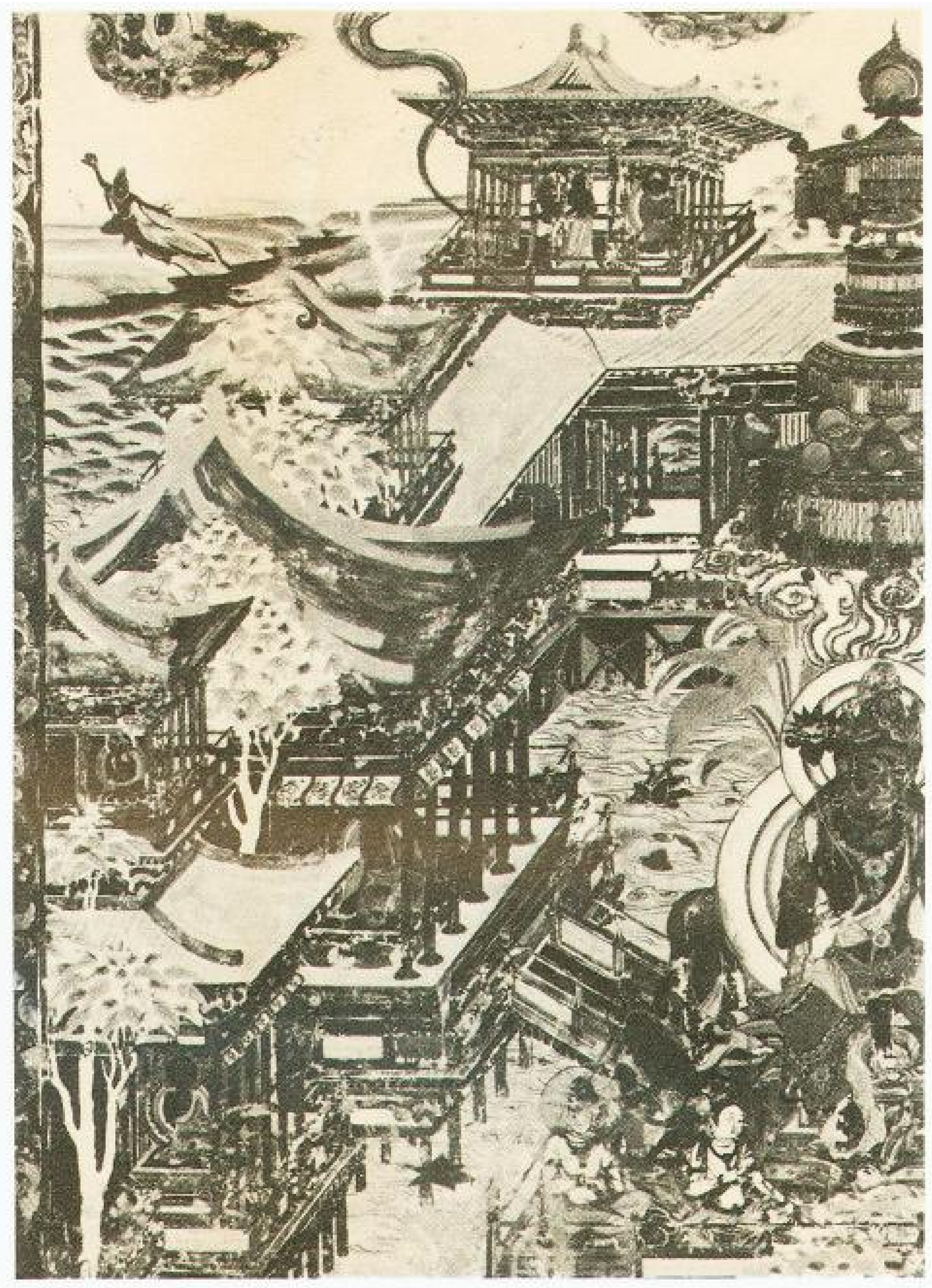


图5-3-1 敦煌莫高窟第217窟唐代壁画中的房屋

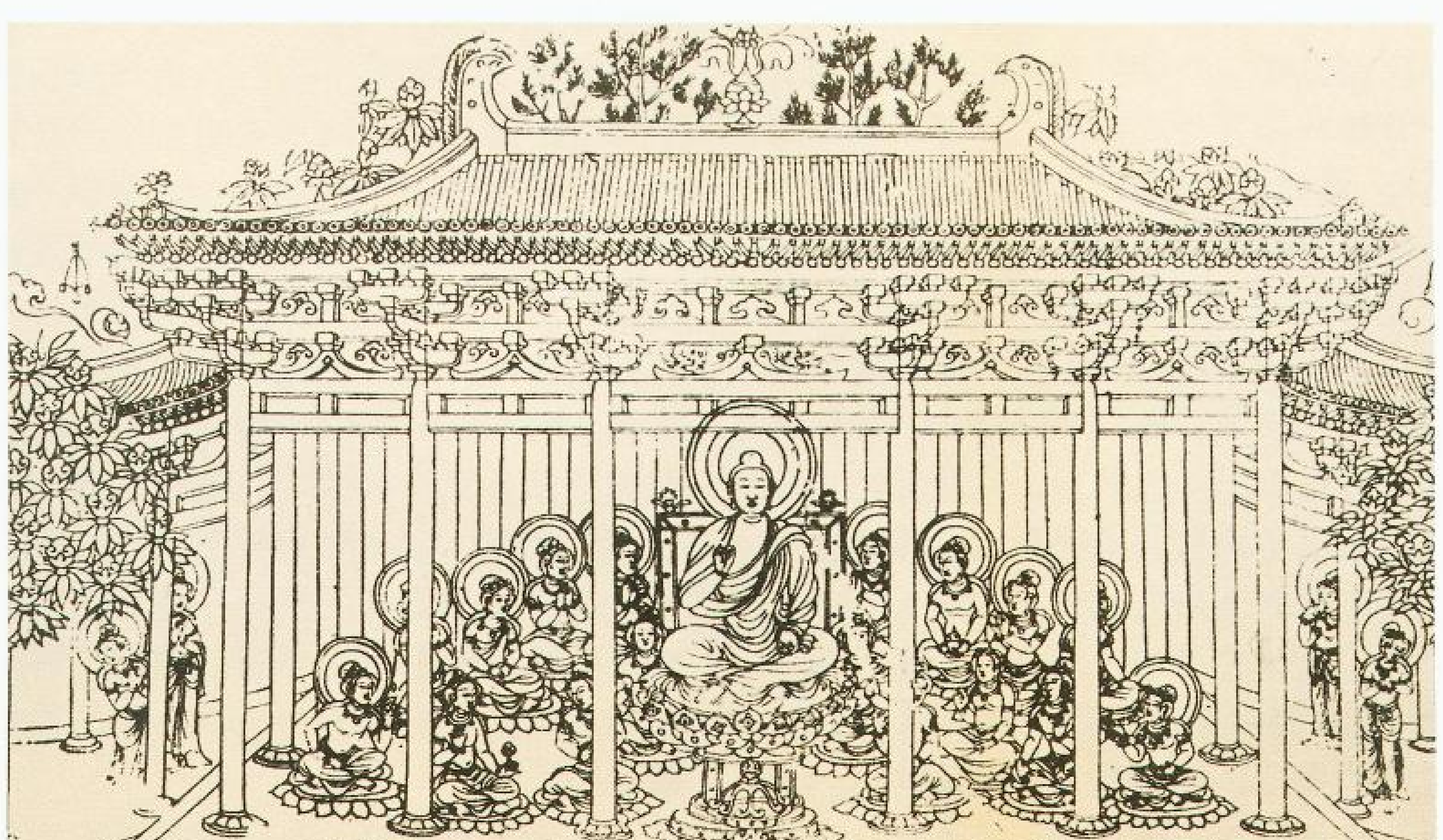


图5-3-2 西安大雁塔门楣石刻唐代佛殿图

是在盛唐以后窟中，可以见到有圆形、八角形的建筑形体；但事实上，早在初唐的明堂，已经是三层并且逐层变化，由方而圆的形体。根据日本的记载，唐代中叶已有八角形的多层木塔。而宋画中的滕王阁、黄鹤楼这两座著名的唐代木构皆为几个单位组合成的复杂形体。据现有考古资料看来，麟德殿亦为复杂的组合体。麟德殿从平面上看，由三组单体组合，两翼还有对称的“楼台”、“亭”等夯土基址，周围还有围廊和门。主体部分正面通十一间（453.6米），进深中殿五间（19.7米），前殿三间（18米），后殿因破坏不明，总面积达5000平方米。这样的宏伟规模超过后世所知的一切木构建筑的尺度。然而，它不但还比不上当时最高级的建筑如明堂、天堂，而且就同一类型而言、也并非唯一的例子。由于麟德殿这种三组合一的特点，当时习称之为“三殿”。当时在东都宫城里又有个“五殿”，是因为它“下有五殿，上合为一，亦荫殿也”（《元河南志》）。关于“荫殿”东都宫城里另外还有一处：“阊阖阁在映日台东北隔城之上。阁南北皆有观象台……下有荫殿，东西二百五十尺，南北二百尺，壁前后三丈”（同上书）。

这种“荫殿”建筑的规模和形制似乎上为楼台殿阁，下为奥室，形体复杂。这不是敦煌壁画之类所表现的建筑形象所可比拟的，尤其不是天龙山，响堂山等地的北齐、隋、初唐的石窟门廊凿石而成的柱、斗、人字补间等简化了的木构单体形体所可表述的。仅据石窟的资料对南北朝、隋唐的木构技术进行分析，是不可能完全反映当时技术水平的。隋、初唐出现如此复杂宏伟的木构建筑，其技术应是南北朝建筑技术的继承和发展。

我们不能低估南北朝的木构技术水平。例如，上节所述著名的北魏永宁寺九层木塔；又如，南朝梁朝所建的瓦官寺阁（升元阁）是历史上著名的建筑，隋文帝平陈毁建康城，它得以幸存，直到北宋占领南唐金陵时被焚毁止，始终为江南胜迹，约五百年间，为许多人描绘歌咏，当不是虚构。其高为二百四十尺，相当宏伟。

唐代各地也出现一些规模宏伟的木构建筑，而不仅集中于都城和宫苑。例如，除了上述的滕王阁（南昌）、黄鹤楼（武昌）、升元阁（金陵）外，汴州的大相国寺也是一例。五代宋初的著名匠师喻皓，由杭州来到开封，即曾对建于唐睿宗时（710—712年）的大相国寺建筑多次潜心观摩。他说：对于大相国寺楼门的结构，“他皆可能，惟不解卷檐耳”（陈师道《后山丛谈》卷三）。这里指的是屋角出檐构造，确是技术上复杂的关键处。可见并不能认为唐代木构为简单。

五代时期，黄河流域战争频繁，而长江流域和南方比较安定，经济生产有稳定的环境。这时，建筑技术的活动中心，由黄河流域移到今天江浙一带的南唐、吴越，四川的蜀国、广东的南汉、福建的闽国，也有较大的发展。今天江浙一带著名的大塔，苏州的园林，杭州西湖风景区，其中一部分就是那时创建，并出现象喻皓这样优秀的匠师。以造木塔著名的喻皓，入宋以后，仍被推崇为“周朝以来，木工一人而已”（欧阳修《归田录》）。足见喻皓代表的五代江南地区技术是相当高的。

今天存留的五代木构为数甚少。如：平顺大云寺大殿（后晋天福五年，公元940年），平遥镇国寺大殿（北汉天会八年，公元963年），福州华林寺大殿（宋乾德二年，公元964年）。这些木构，规模均较小，不过可以给我们提供唐宋之间的木构技术继承发展演变情况的实例资料。五代木构较近于晚唐，是唐代的延续阶段。

就现在存留的唐，五代木结构的实物资料，举一些重要的木构技术问题来分析。

建筑尺度和构件尺度：唐大明宫的麟德殿和含元殿，按其地位言，已属唐宫第一级大殿；除了极少数的特殊建筑如明堂、天堂，它们应已达到当时单体或复合的建筑尺度的最大限度。然而，麟、含两殿的柱开间，不过5米稍多；内部空间最大跨距，不过四椽，平长约在8米左右。由柱距推断建筑各构件的尺度，比后来明代的大型殿宇的构件尺度远为逊色。我们获得的印象是：唐代建筑总体尺度宏伟，但各单件构件尺度并不很大。用较小的料造出规模宏伟的大建筑群，说明唐代利用木结构组合技术的成就。

到了唐代，木结构的主要构件——梁、柱（包括蜀柱、叉手）、斗、栱、昂等的种类和形式（䫜、卷杀、比例等项），均已稳定，以后长期变化不大。其中，昂（指下昂）的问题应重点分析一下。

隋、初唐的壁画或石刻中的建筑、没有用昂，因此，曾有人认为昂出现甚晚（在中唐以后），这不合乎事实。

按文字记载，汉赋中已出现“昂”，“櫼”（昂的别名）等词。如《营造法式》卷一“总释”上所引何晏《景福殿赋》：“正昂鸟踊”，“櫼栌角落以相承”。《文选》李善注云：“飞昂之形类鸟之飞，今人名屋四阿，栱曰櫼昂，櫼即昂也。”

以实物形象看，日本所保存的飞鸟时代（相当于我国隋代）的法隆寺金堂及五重塔均有昂。法隆寺金堂所保存的“玉虫橱子”在佛龛仿木构建筑的屋檐下，也用下昂，有角昂和补间用昂。

下昂是一种悬跳承重的构件，在力学性质上和一般梁栿有根本区别。它的力学平衡，类似杠杆。下昂根本不是“斜梁”，尤其不是由“叉手”和“托脚”这样的“斜置构件”发展而来；其实，叉手和托脚实际是柱。《营造法式》在分类时把托脚叉手列入“侏儒柱”项内，概念很清楚，很准确，它们和下昂并无内存联系。估计下昂的出现，东汉已有。最初，它主要用于檐角部位是角梁的补充。昂的充分发挥其用途，应是隋唐时期，佛光寺大殿雄健的铺作用昂便是明证。唐宋以后，昂的功用逐渐转化为装饰成份为主，昂的本身也就退化了。

昂的主要作用，是用于调整檐的高度，中国古代木构房屋有较深的出檐，其用意在于保护木构本身和夯筑的土墙。因而，建筑身高则要求出檐深，久之，二者形成某种固定比例。出檐深，则栱的出跳级数增加，建筑身高随之而增，又失去比例；势必寻求一种虽然出跳甚多而又不增加（或增加不多）建筑身高的办法——这就是下昂。

还有“上昂”。“上昂”和“下昂”力学性质完全不同。上昂实质是斜撑，是受压构件。应当说，“上昂”的出现较早，也最简单。汉代的明器和画象石（砖）上，早见有斜撑式的出跳结构。隋唐虽无资料，但它既处于汉宋之间，应该使用这类斜撑构件。上昂的优点是：用一件斜撑代替若干层层叠加的水平构件，肯定可以减少工料。但它的局限是斜角不宜太大，亦即外伸长度不能大。这即是它不见用于外檐的原因。依《营造法式》所载，它主要用于内檐和平座。但是，可能上昂曾经用于外檐，现在还在浙江天台的民间房屋里见到用于外檐的上昂形状的斜撑，大概不是没有来历的。

材分制度：按《营造法式》所说的材分制度，是“凡屋宇之高深（建筑空间尺度），各物（构件）之短长，曲直举折之势（卷杀和屋面斜率），规矩绳墨之宜（斫料尺度），皆以所用材之分以为制度焉。”

这段话有两方面含义：（1）说明材分制度的施用范围；（2）材按等级划分，决定分的绝对值；而分的各种规定值则通用于各等级（或某几个邻近等级）。实际使用的比例单位主要是“分”，“材”和“栔”是“分”的扩大单位。那么，材分制度何时出现形成的呢？如果说编制《营造法式》时才第一次规定了材分制度，而且就已经颇为周密完备，这是不符合事物发展的规律的。它总是逐渐形成，逐渐周密完善的。

按《营造法式》，分值是用料尺度的基础，所以栱的断面也是由分值规定的，其高厚比为3∶2，且规定为15分和10分，均是整数。但是用3∶2断面的栱料，唐代的南禅寺大殿和佛光寺大殿已经如此，下至五代的平顺大云寺和平遥镇国寺，栱断面均为3∶2的比值。现存古代木构从唐到金，梁栱断面高厚比，多数接近3∶2。而这一段时间，正是斗栱在木构中地位较重要的时期。但在各个例子中，各种栱（华栱、泥道栱、慢栱、瓜子栱、令栱等）的长度很少相同，更无和《营造法式》规定值一致者，可见，长度的分值不占重要地位。但是，栱与枋、耍头、梁头之间，在高度尺寸上必须有所配合；斗的尺度也必须与之配合。它们之间的共同尺度便是栱高，即“材”加“栔”，即为“足材”。而栔，就是斗（除栌斗外之各种斗），除了耳以外，平、欹两部分之高即斗的实用高度。因此，我们看到，材分制度首先产生于构件在叠接时高度方向相互配合的需要。草架部分的构件则“随宜枝樘固济”，不要求高度尺度的固定配合，只要满足屋面荷载和举折之峻慢圜和要求即可。

实际上，建筑的进深，按椽的跨距为准，开间应与榑（檩、桁）的行有关。这些，和栱高（材）并无直接联系。它们是由常用尺寸转化为“分”值的，是简化计量单位的结果。

因此，可以认为：材分制度开始产生于斗栱和梁架的尺度配合，而且主要是露明部分栱枋在高度方向上的配合。而这一点，唐代木构（佛光

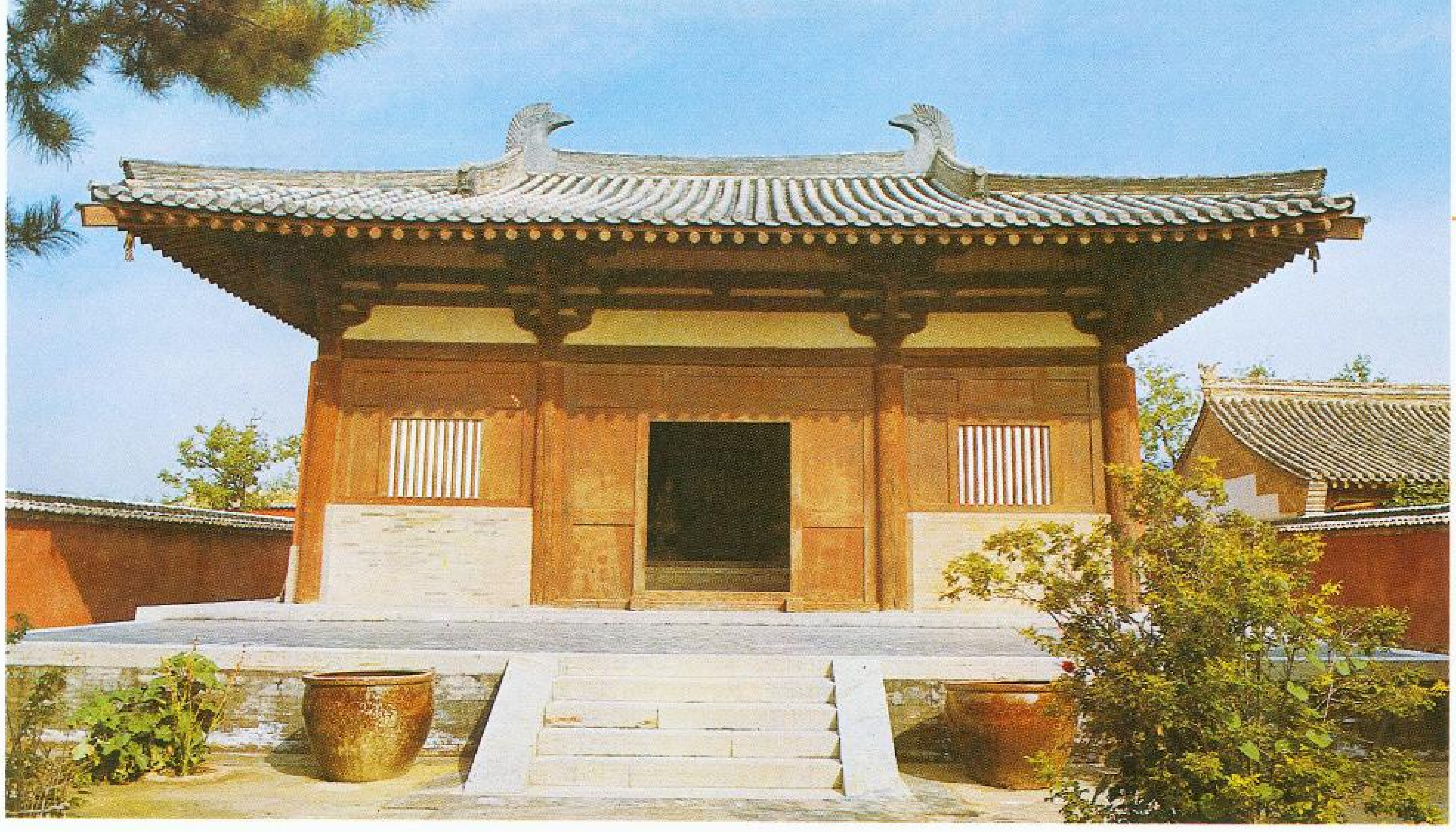


图5-3-3 （1）山西五台县南禅寺大殿外观

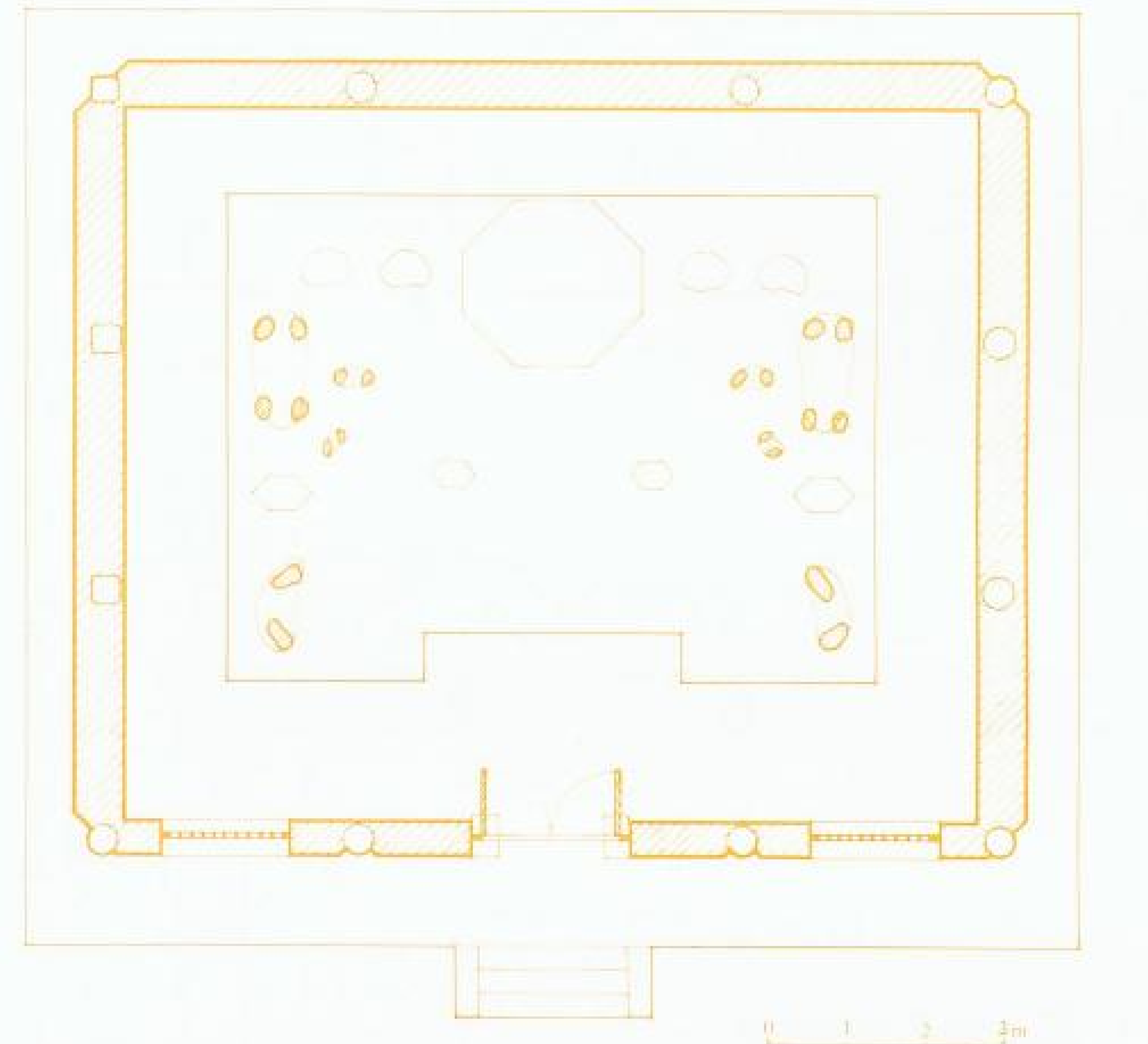


图5-3-3 （2）山西五台县南禅寺大殿平面



3-3 （3）山西五台县南禅寺大殿纵断面图（复原前现状）

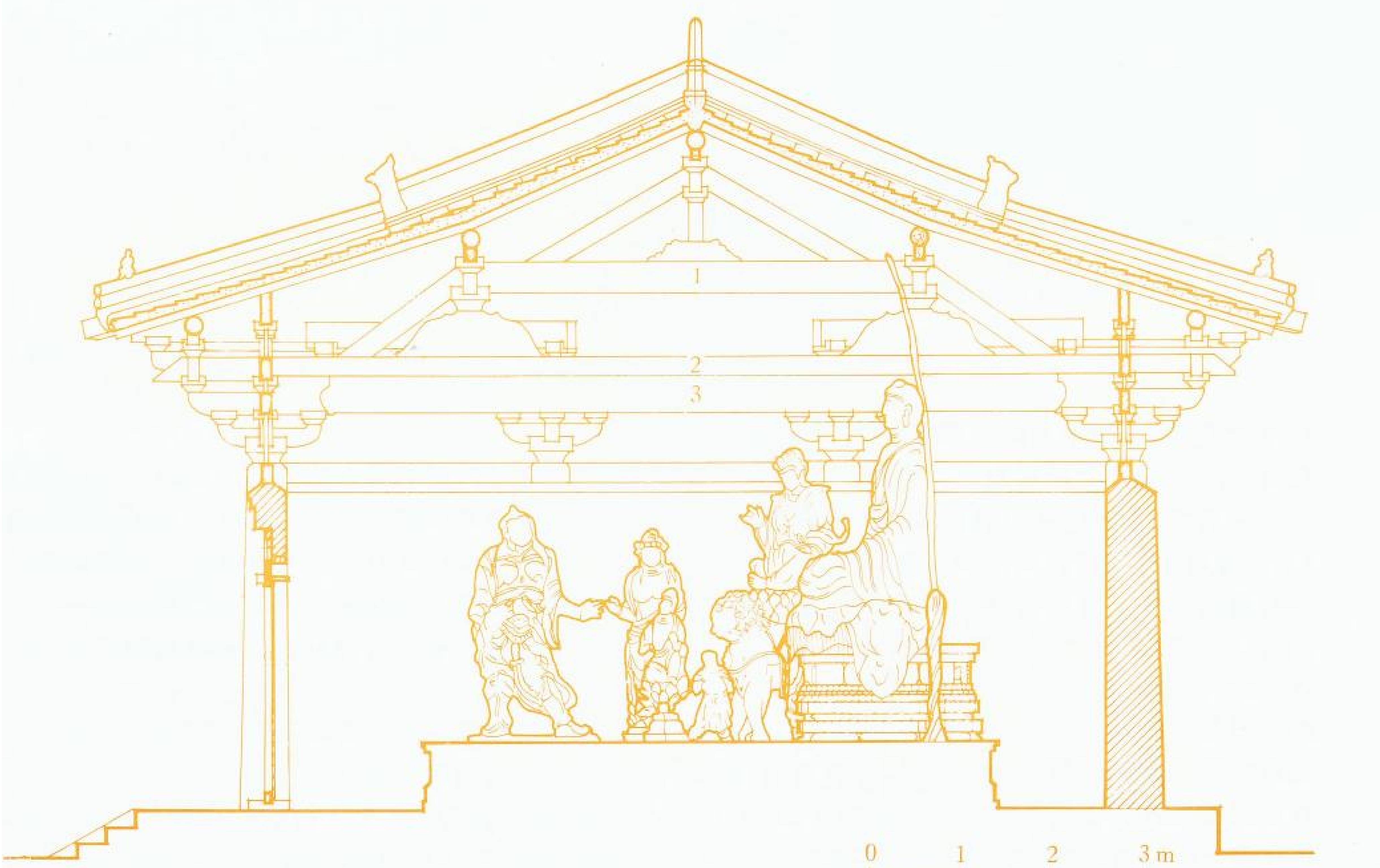


图5-3-3 （4）山西五台县南禅寺大殿横断面图（复原前现状）

1.平梁；2.缴背；3.四椽檐栿

寺大殿）已经充分地表现出来。由此可以判断，材分制度在唐代已经实际存在。

木加工技术：举凡《营造法式》所列的侧脚，生起（包括梢间榑背）做法，唐代木构实物均明显存在。近年（1974年）落架重修唐代的南禅寺大殿，它的木构榫卯，尤其榑枋等构件拼接均系《营造法式》所谓"螳螂口"，联接牢固，说明木构技术已达到高度水平。

木加工技术之另一标志是柱身的加工。自西安汉代遗址所见，多用方柱；东汉石阙、明器所示，仍以矩形柱为主。南北朝时，多八棱柱，或方柱而微杀四棱圜和。圆柱、梭柱出现虽不迟于南北朝，但成为主要型式，当为隋唐时的情况。日本还存有早期梭柱遗物。嗣后，梭柱遂为庄严宏大殿宇的柱型。圆柱并非天然原木，天然圆木不可能一组柱列几何形态完全一致，卷杀绿脚轮廓相同。所以，原木必须经过加工，使之尺度形体整齐划一。方柱最易加工，其次为多棱柱；圆柱与梭柱要求斫削光洁圆滑，形体丰满优美、其难度最大。圆柱、梭柱的普遍使用于高级殿宇，约为南北朝开始，而主要是隋唐时期。

存留到今较为完整的唐代木构遗物，据目前所知最早是山西省五台县南禅寺大殿（唐德宗建中三年，公元782年）（图5-3-3），其次为同地的佛光寺东大殿(唐宣宗大中十一年，公元857年）。山西，陕西还有一些唐代木构，但后世维修抽换较大。我们对实例的分析，以佛光寺东大殿为主，同时涉及有关的问题。佛光寺东大殿是一座一般的中等殿宇，并不足代表唐代最高技术水平，但仍具有典型性。

佛光寺原为五台山著名大刹之一。大殿所在地点，原为七间重层的高阁，会昌灭法时被拆毁，至大中年间重修为七间大殿，即今状(图5-3-4及5-3-5)。

大殿七间，明间阔5.04米，其余接近5米，尽间4.4米，通面阔34米，进深八椽，每椽水平长2.19—2.23米，通进深17.64米，柱高为5米。

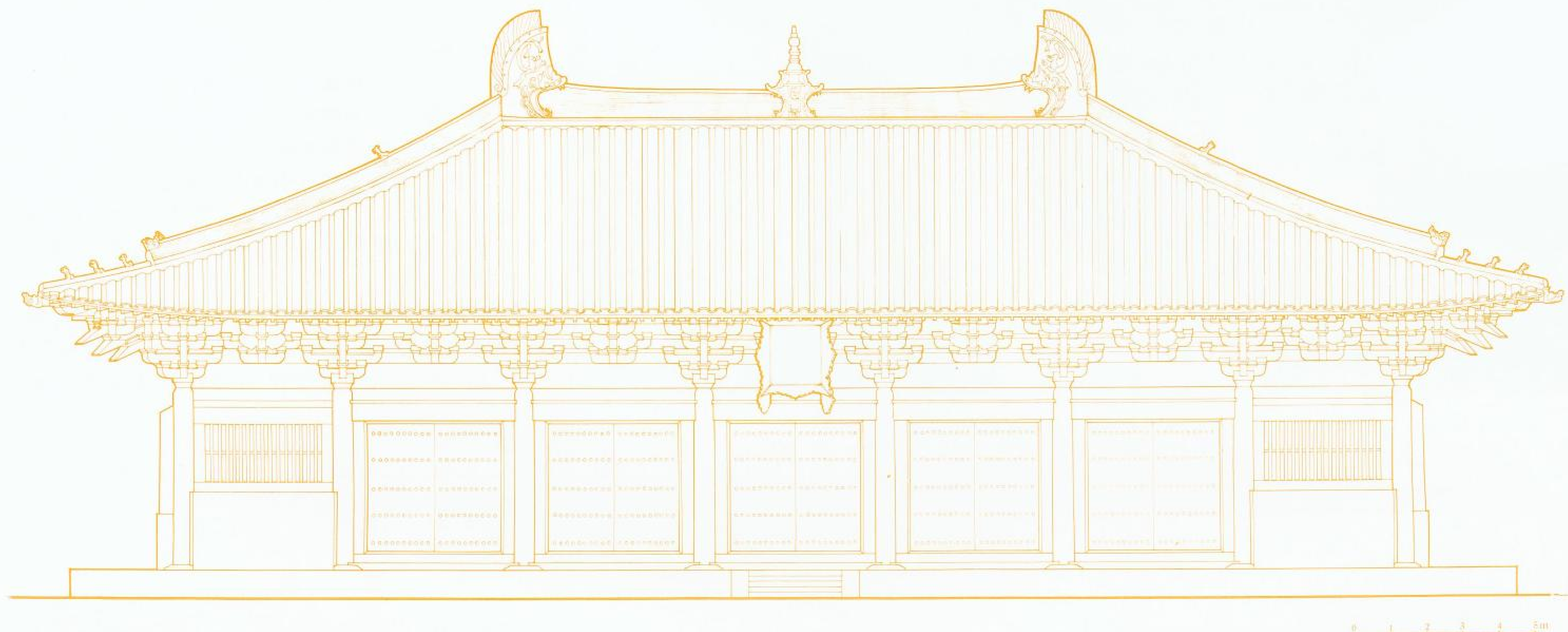


图5-3-4 （1）山西五台县佛光寺东大殿立面图

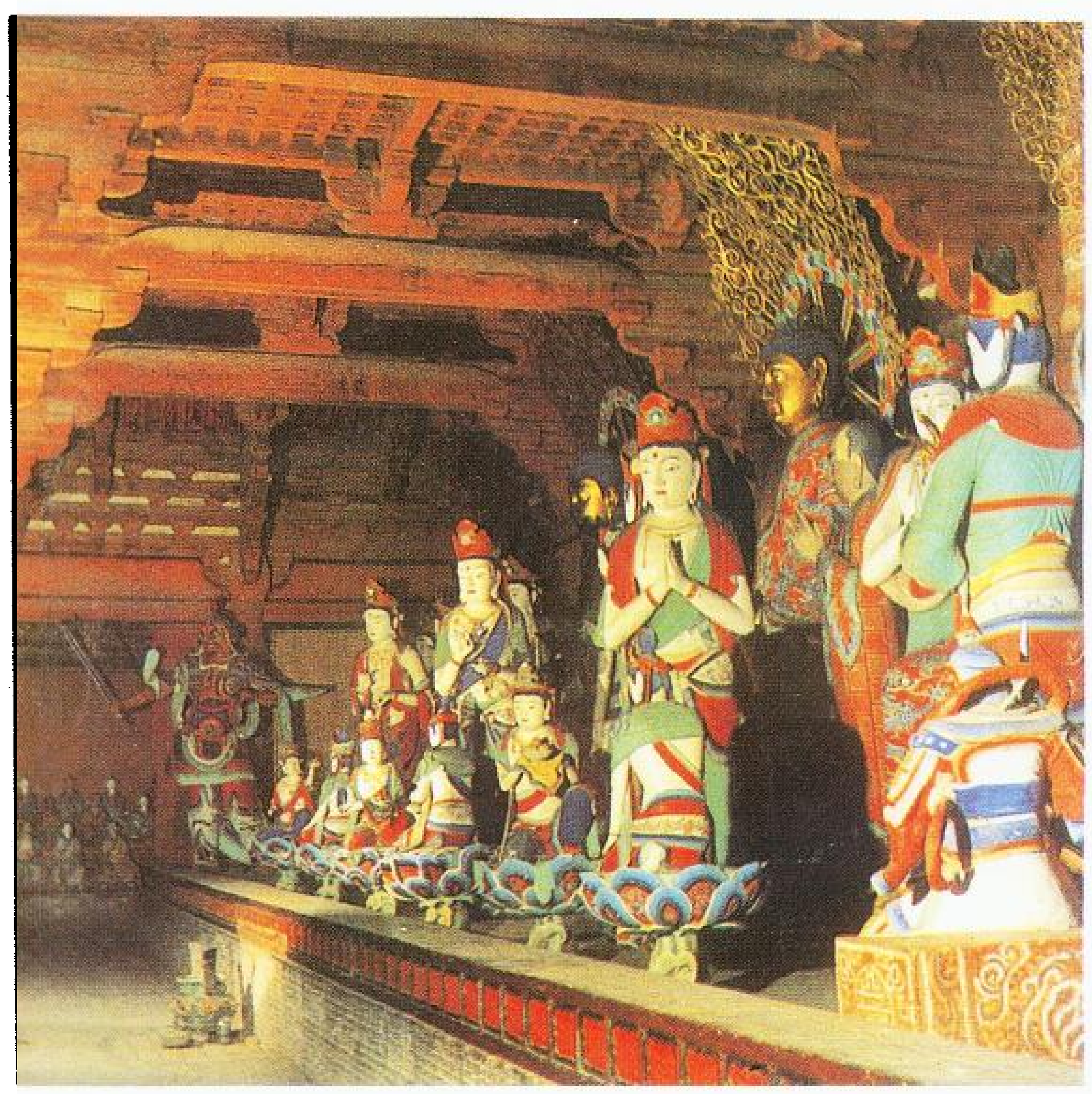


图5-3-4 （2）山西五台县佛光寺东大殿内景

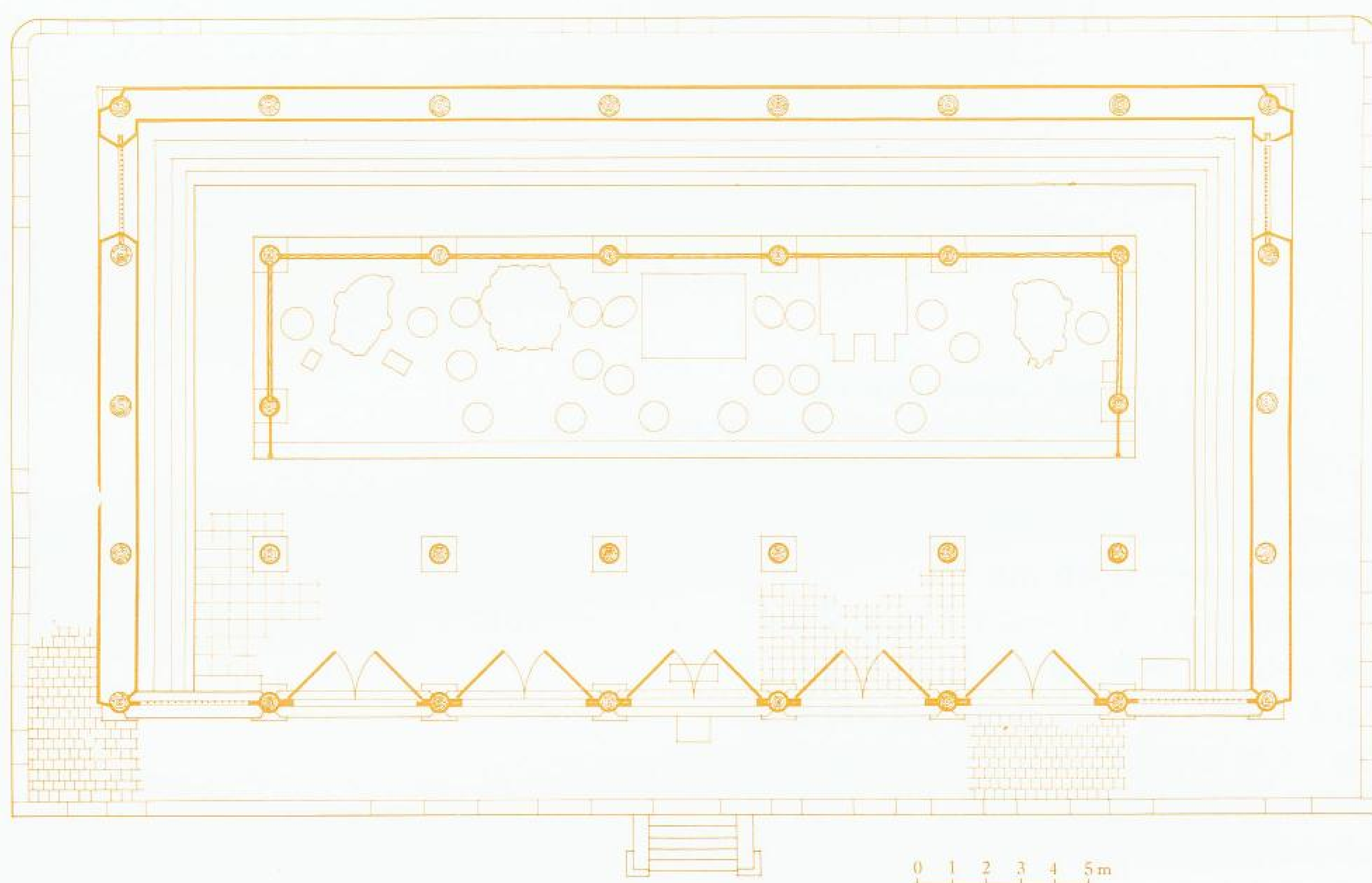


图5-3-5 山西五台县佛光寺东大殿平面图

后来宋代所谓“高不逾间（明间）广”，在唐代已经有了，但也有个别高逾间广的例子。

它所采取的柱网布置略同《营造法式》所谓“身内金箱斗底槽”这种柱网日本的相当于隋到初唐时期的佛寺，其金堂（相当于中国佛寺的“大殿”）的柱网布局，如现存法隆寺金堂及大官大寺（九间殿），弘福寺（五间殿），药师寺（七间殿）的金堂柱础遗迹，均为此种柱网。相当我国盛唐时期（玄宗开元天宝年间），由中国著名学者鉴真和尚赴日本后倡建的唐招提寺（745年），其金堂平面柱网，也是“身内金箱斗底槽”式。不过，唐招提寺金堂的围护结构前面自檐柱退至内柱处，形成空敞的前廊（敦煌隋唐窟的壁画中如此前廊型式颇不鲜见）。总之，我们获得的印象是：佛光寺大殿所采用的柱网，是唐代宫殿和佛寺主殿习惯通用的一种型式。其所以采取这种型式，是为了可以获得一个重点突出，具有较高大较宽敞的内部主要空间，作为庄严隆重的一个中心活动场所。适于封建礼仪、宗教活动、宫廷生活上的需要。

按照唐宋时代的建筑分析，一座建筑的主体部分（除去副阶、夹屋、廊庑等）的柱列，分为外围和“身内”两部分。外围柱（通常为矩形平面）形成周边；“身内”则指周边以内。外围柱按开间、椽分尺度、疏密均匀的分布；内柱则视使用的目的要求而有不同变化。按《营造法式》殿阁级建筑的地盘图，内柱分布的类型有四例，即：

殿阁身地盘，九间，身内分心斗底槽。

殿阁地盘，殿身七间，副阶周匝，各两架椽，身内金箱斗底槽；

殿阁地盘，殿身七间，副阶周匝，各两椽，身内单槽；

殿阁地盘，殿身七间，副阶周匝，各两椽，身内双槽。

由以上可知“身内”的柱列方式，即是建筑平面柱网互相区别的主要内容。换言之，选择构架型式主要是选择“身内”的“槽”式（指殿阁而言）。较小的建筑物可以身内无柱，例如南禅寺大殿，这即接近厅堂的概念了。身内柱列，虽有种种变化，但为结构合理方便起见，总是位于外柱形成

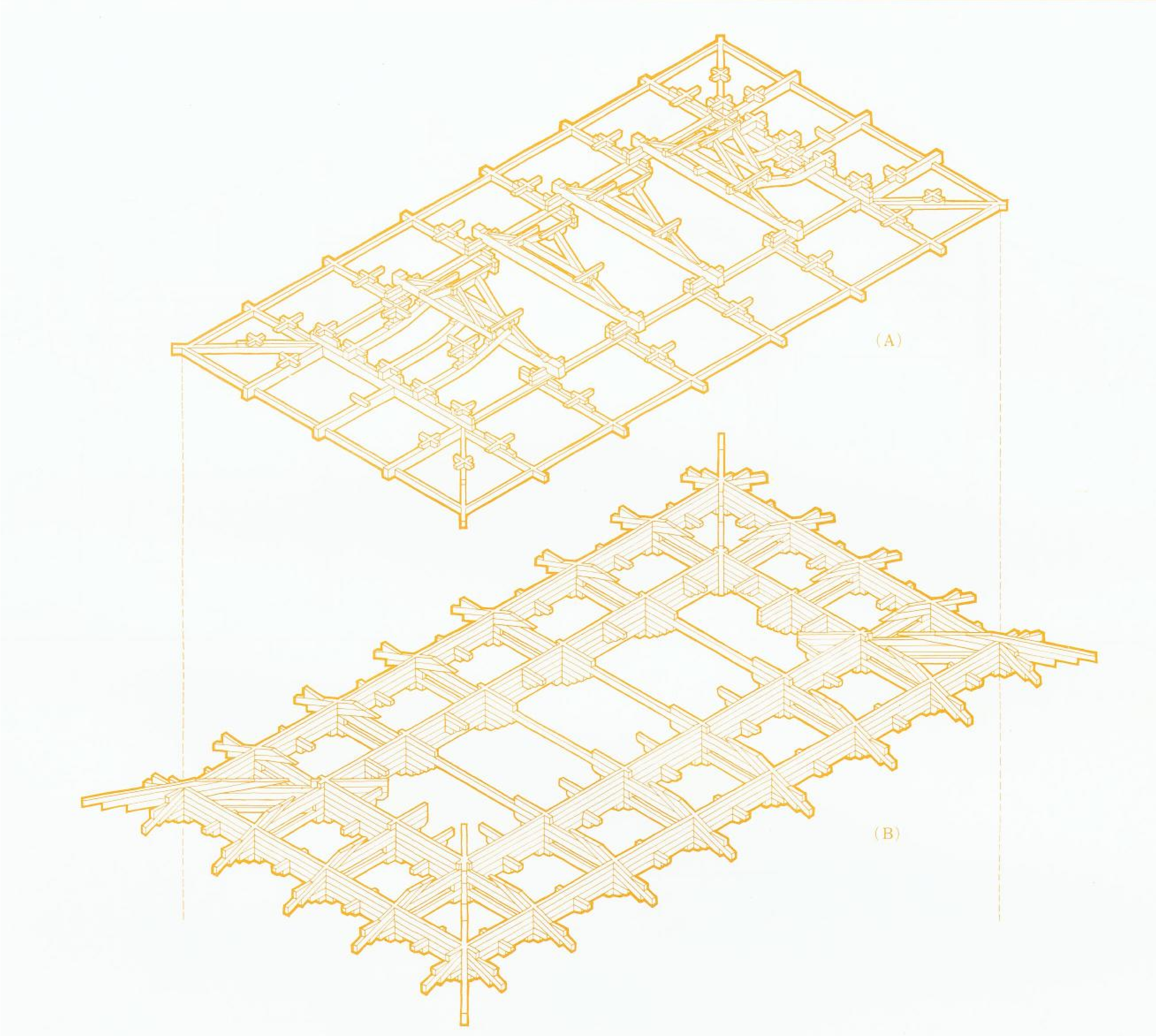


图5-3-6 （1）山西五台县佛光寺东大殿木屋架（A）及斗栱（B）示意图

的柱缝交点上。这一规则，到了金代，开始出现例外。

外围柱列及其所承受的外檐铺作称为“外槽”；由身内柱列及其承受的内檐铺作称为“内槽”。“槽”指柱列和斗栱，不是指内空间；否则，“身内单槽”，“身内双槽”之类词句便不可理解。“槽”这样的词，唐代已经使用。

唐代遗留的木构甚少，考古发掘出来的建筑基址也不多，我们不能对各种不同内槽形式加以比较分析。但《营造法式》的记载内容，可以溯源至唐代，是无可怀疑的。

以佛光寺大殿所表现的“身内金箱斗底槽”式结构而言，其内槽柱形成一组完整的矩形柱列，柱上端用枋连接；外槽柱则包绕于外，形成另一个矩形柱列，也在柱端用枋连结。这两组矩形柱列之间，在对应的柱端用明乳栿相联系，角柱处用角乳栿联系。这样，就形成了内外两圈柱列及其间联系构件所组成的空间结构体(图 5－3－6)。在其上，安置建筑的上层结构。佛光寺大殿的内外柱等高(图 5－3－7)，上部结构叠加高度的起点，内外一致，构造比较简便。但内部中央空间增高较多时，叠加的层数也较多，在权衡上，内柱的铺作过大，跳头过远，对平棊、藻井的布置有影响。因此，有些例子就提高内柱，使内槽铺作的起点较高来缩减铺作数和跳头长度。日本唐招提寺金堂一例所见的内柱较外柱高约两材两栔；说明内外柱等高并非通例，是可以变通的，盛唐已然。

佛光寺大殿柱列上的上层结构，分为两部分：露明部分和草架部分（图 5－3－8）。

露明部分的构件、为视线所及，所以表面加工整洁，且予以卷杀线脚等艺术处理。唐代建筑

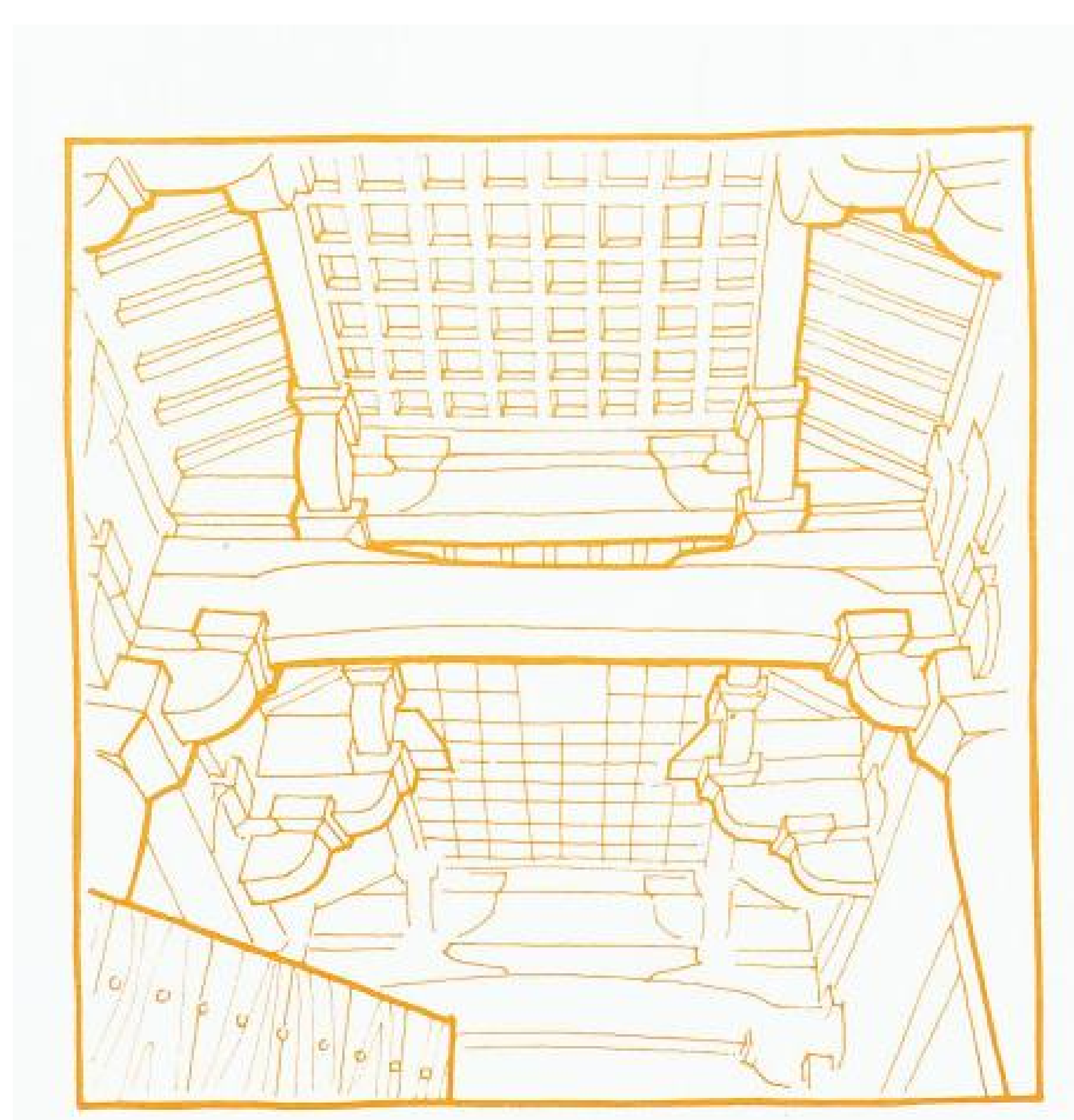


图5-3-6（2）山西五台县佛光寺东大殿前外槽梁架

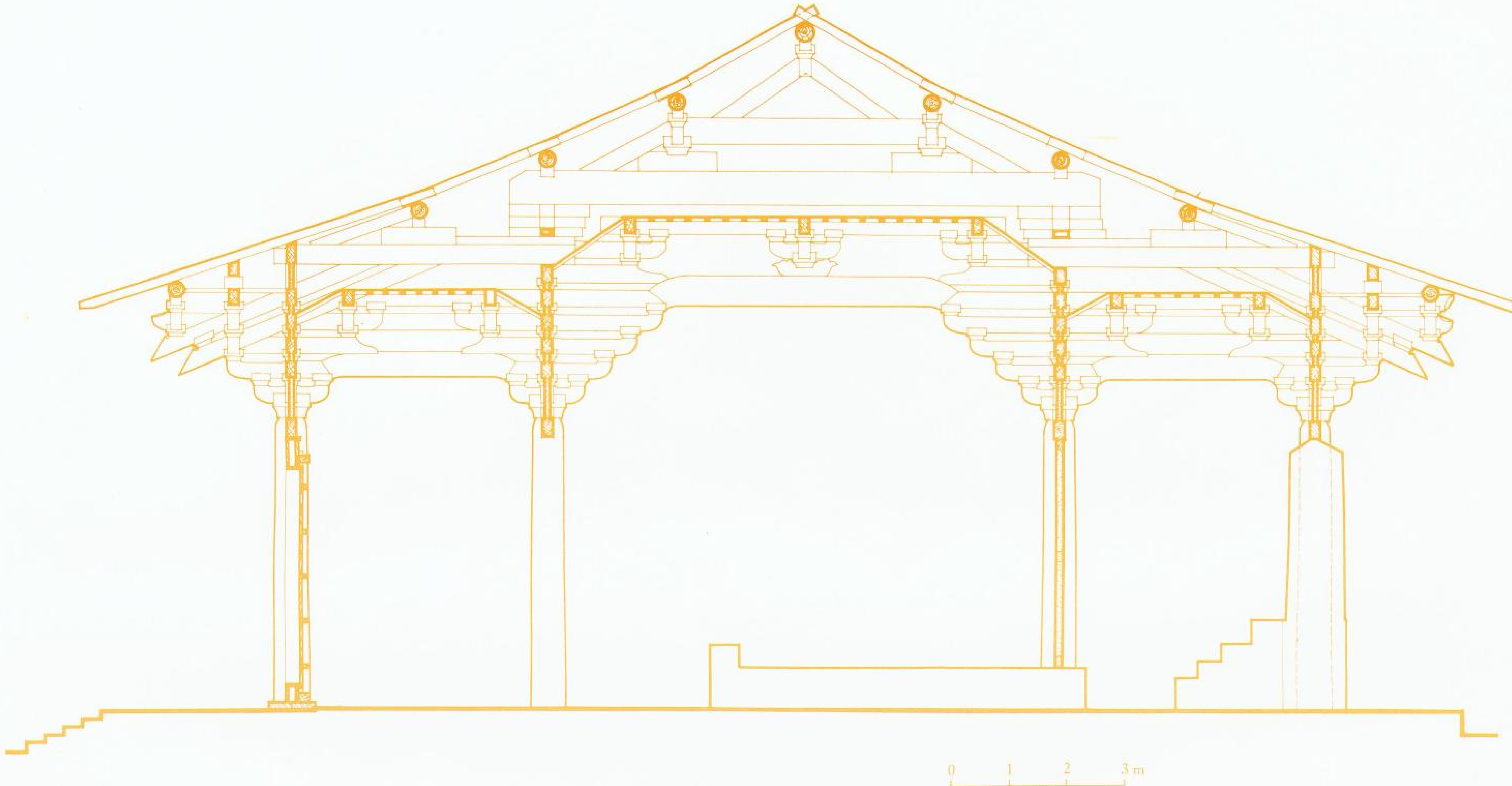


图5-3-7　山西五台县佛光寺东大殿横断面图

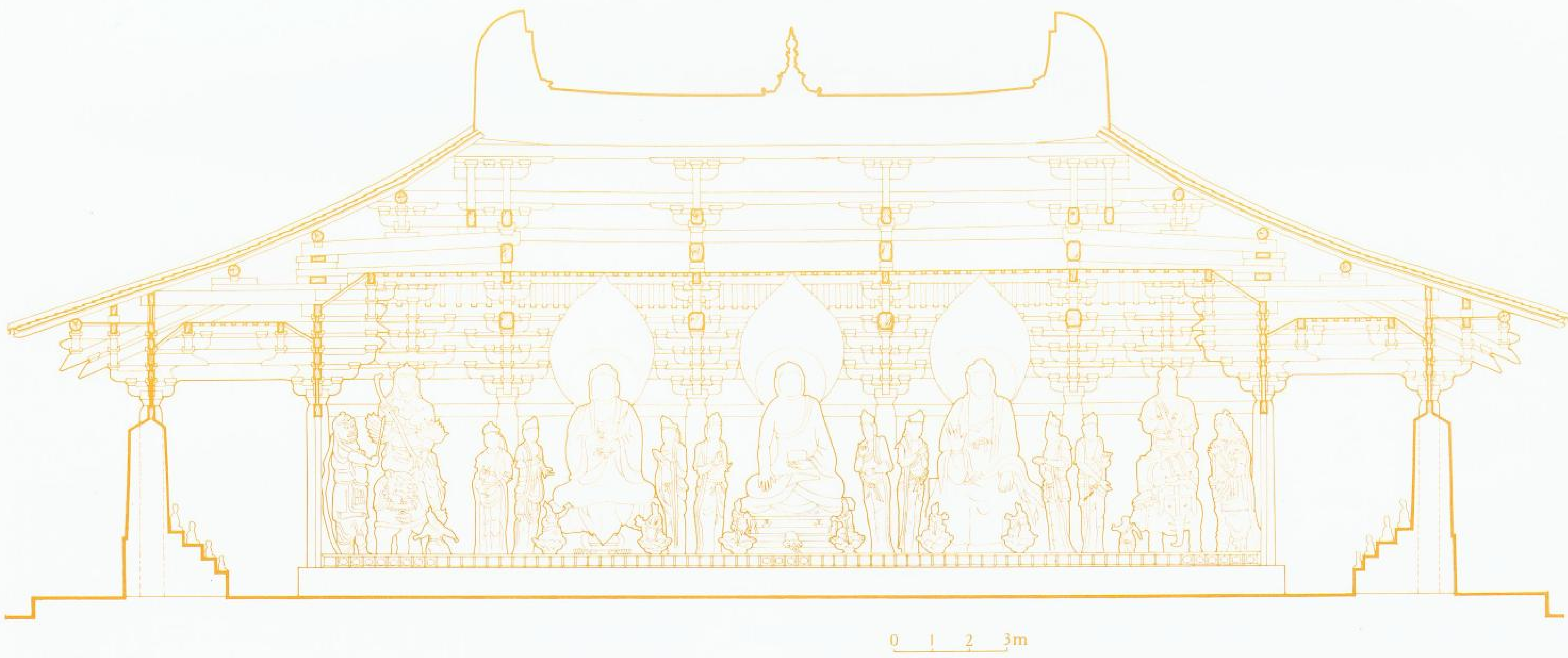


图5-3-8　山西五台县佛光寺东大殿纵断面图

较少雕饰，但亦非完全摒弃雕刻花纹。露明部分形成完整的室内空间，且有主有次，突出内槽包绕的中心部位，使之高敞华丽，形成重心。露明部分并不直接承受屋面荷载，但为草架部分提供一个基座。

草架部分的构架，均在平棋（平暗）之上，为视线所不及，因此，木料表面毋需加工光洁，更无卷杀线脚加工的必要；构件的形式和布置，只取决于结构的需要。它形成屋顶(四阿、九脊之类)，并直接承受屋面由望板、椽、榑传来的重量。草架承重构件的支点在柱的轴向上，露明部分各构件只在柱上方，起垫木的作用。露明部分只承受本身自重及平暗（平棋）藻井重量。

佛光寺大殿的屋顶举高约为1∶4.77（前后撩檐榑距与脊榑高之比），举势平缓，草架部分高度不大；因此，草架的纵向连接只依赖榑、枋。屋顶为“四阿式”，两侧面各用三道丁栿作为上端角梁的支点。唐代尚无正脊增出和推山的做法。整个上部构架和下面柱列的布局尺度是相呼应的，很少有补救性的附加构件；说明这一型式殿堂木构的尺度，结构方法和建筑造型处理，经过长期实践，相当协调。这也正是一种体系成熟的表现（图5-3-9）。

佛光寺大殿檐柱有明显的生起，榑、脊也用



5-3-9 山西五台县佛光寺东大殿梁架剖视示意图
1.叉手；2.平梁；3.四椽草栿；
4.四椽明栿；5.乳栿；6.内额

生头木生起。然而折势圜和平缓，整个屋顶，檐线曲线舒缓优美。

在用料方面，佛光寺大殿明乳栿高约一足材，和出跳华栱相近。露明部分各构件分层高度，即以华栱高为基数。明乳栿不是承重物件，它和华栱用同一材料。外出为华栱，内转即为乳栿（或外出为华栱，内转为驼峰）。所以，乳栿、华栱、驼峰等，实为同样木料视所用地位斫作不同外形而已。既如此，华栱的用材便成为其它各构件的用材标准。而这大约即是材分制度形成过程中采用华栱栱高作为“材”的来历了。

佛光寺大殿只是中等楼阁，而所用的材，按其尺寸相当于《营造法式》的第一等材。那么，唐代的第一等材是否更为惊人？从考古发掘遗址所见，唐代的第一级大殿如含元殿、麟德殿，柱距尺寸亦不过 5 米稍多，和佛光寺大殿差不多；殿内最大跨距，不超过四椽，也同于佛光寺大殿；而宋代，按《营造法式》所载，跨距有达五椽至六椽的。佛光寺大殿柱的开间、最大跨距，和含元殿、麟德殿相近，即是说，其用材等级，应同于或相距不远于唐代一级殿阁。或者可以说，唐代木构用材的分级，可以选择的幅度较大，不如宋代限制严密。时代更早的南禅寺大殿，身内最大跨距也为四檐，但用材仅相当于《营造法式》的三等材。足见佛光寺的选择用材，并非纯粹出于结构考虑，可能出于炫耀主人的地位财富的意图，用超过结构需要甚多的雄壮用料来表现建筑的宏伟庄严。

佛光寺大殿是属于《营造法式》中所谓殿阁级的建筑，其特点是上部构架分为露明与草架两部分。这一级建筑的身内柱列可供选择的型式是有局限性的，远不如彻上露明即无草架与露明之区别的那些木构的型式变化自由。这只要看一下由唐到五代到宋初《营造法式》出现之前的一段时期内留下的实例中，彻上露明占有较大数量，并且其柱列变化往往是《营造法式》所不曾包括的这一事实，就可以理解。因此、佛光寺大殿并不能概括当时可能存在的多种身内柱列型式。

唐代木技术加工，已达到高度水平；《营造法式》的记述，仍然承袭这一时期的成就。可以南禅寺的木架榫卯为例。其中的螳螂头接榫，一如《营造法式》所见；有些地方，其精密程度，甚至超过《营造法式》记载，例如，华栱头用暗榫固定交互料。

因此，我们可以说，唐代木构技术，从尺度规模、柱列型式、榫卯技术、材分制度的出现等等看来，中国古代木构技术发展已达到成熟阶段。

第四节 辽代木结构

辽王朝是十一十二世纪契丹贵族在我国北部建立的政权。起初，契丹族在潢水（今西拉木伦河）南岸过着渔猎、游牧生活，游牧时期的契丹人长期生活在千里草原上，以毡屋为其主要居住形式，这些毡屋有一个特点，即朝向多面向东方，这是契丹民族生活习俗的反映，他们每月朔旦都要东向拜日，在部落大会聚的时候，也以东向为尊。在这种习俗影响下，辽王朝建国后兴建的某些建筑群，如上京宫殿、大同华严寺等都采取了这一朝向。

十世纪初，契丹人不断南进，公元 918 年定临潢（今辽宁省巴林左旗）为皇都（上京），在草地上营建京城。公元 947 年定国号为辽。

自十世纪末至十一世纪末，百余年间，辽与北宋边境上兵火较少，处于对峙状态。今天所看到的辽代木构遗物多建于这百余年中。初步统计，辽代的单体建筑物有十数座：

1.在西京（今山西省大同市）有上华严寺大殿，下华严寺薄伽教藏殿，下华严寺海会殿和善化寺大殿，共四座。

2.在应州（今山西省应县）有佛宫寺释迦塔一座。

3.在易州（今河北省易县）有开元寺毗卢、观音、药师三殿、涞源阁院寺文殊殿，共四座。

4.在蓟州（今河北省蓟县）有独乐寺观音阁、山门共两座。

5.义县的奉国寺大殿，宝坻的广济寺三大士殿，新城的开善寺大殿共三座。

上述十数座遗构中，海会殿、三大士殿及开元寺三殿共五座，现已拆除，但尚留有勘测资料。

辽代木构遗物的建造，多出自汉族工匠之手，其所在地区原属晚唐五代所辖，建筑技术手法，当然会保留不少晚唐五代的传统。概括说来，形象上的朴实粗放，有似前代，而尺度的高大则过之。留传至今的十椽屋，如义县奉国寺大殿，则显示出一些独特作法。

辽代木构遗物虽较前代为多，但这个数字（十四座单体建筑物）和当时实际建造房屋数字相比仅是很小的一部分。因此，这里的类型划分有很大的局限性，只能在遗物中分析比较其结构之异同。试依层数多寡和柱架侧样主要构件配置

情况分类如次表：

类　别	种　别	型　别	名　　　　称
一			单层单檐建筑
	（一）		门（三柱一梁型）
	（二）		殿
		1.	二柱一梁型
		2.	三柱二梁型
		3.	前后对称四柱三梁型
		4.	前后不对称四柱三梁型
二			多层多檐建筑
	（一）		阁（独乐寺观音阁）
	（二）		塔（佛宫寺释迦塔）

如以《营造法式》中卷第三十一大木作制度图样殿阁、殿堂、厅堂类比，则《营造法式》成于十二世纪初，辽代木构遗物多建于十一世纪，时代上有些差别；又实物的柱架侧样和《营造法式》图样不太吻合，套用殿阁、殿堂、厅堂的类名容易引起误解。因此，暂用上表分类，依次介绍以下实例。

一　单层单檐建筑

（一）门——三柱一梁型

中国古代建筑，无论佛寺、宫殿、衙署，常是由许多单体建筑组成一组建筑群而出现；大门（或山门）则是某组建筑群最前方的一个单体建筑。顾名思义，大门的主要作用是出入孔道，因之，这个单体建筑的中部需要安装门扇以控制启闭。基于使用上的要求，门的平面柱列每每是前后三排，即两排檐柱、一排中柱。其柱架侧样，多属三柱一梁型。

今以蓟县独乐寺山门为例作一分析。

蓟县在北京东90公里，独乐寺是蓟县城佛教中心，寺内山门与观音阁均辽代所建（图5－4－1）。

山门面宽三间，进深二间，两排檐柱一排中柱，依《营造法式》可名“分心柱”，共用柱十二根，柱列整齐（图5－4－2）。由侧样看到：十二根柱子，柱头内外等高，檐柱侧脚显著，约合柱高百分之二，柱头之间，以阑额相连，各柱头上施硕大斗栱以承梁架。

山门的梁架以四椽栿为主梁，以平梁为上部次梁，主次梁梁头各承圆型断面的槫条，前后各五件，但柱头枋上不施圆槫。脊槫下不用蜀柱直托，而以叉手斜支，这些都反映了当时建筑技法的特点（图5－4－3）。

山门梁架中最与后代不同的，在于其梁栿的断面比例与形状（图5－4－4）：

四椽栿高0.54米厚0.30米，平梁高0.50米，厚0.26米。两者比例均超过了三比二，接近于二比一。

梁之上下边微有卷杀，使梁之腹部微微凸出，以圜和的曲线代替了机械的直线。



图5－4－1　天津蓟县独乐寺观音阁

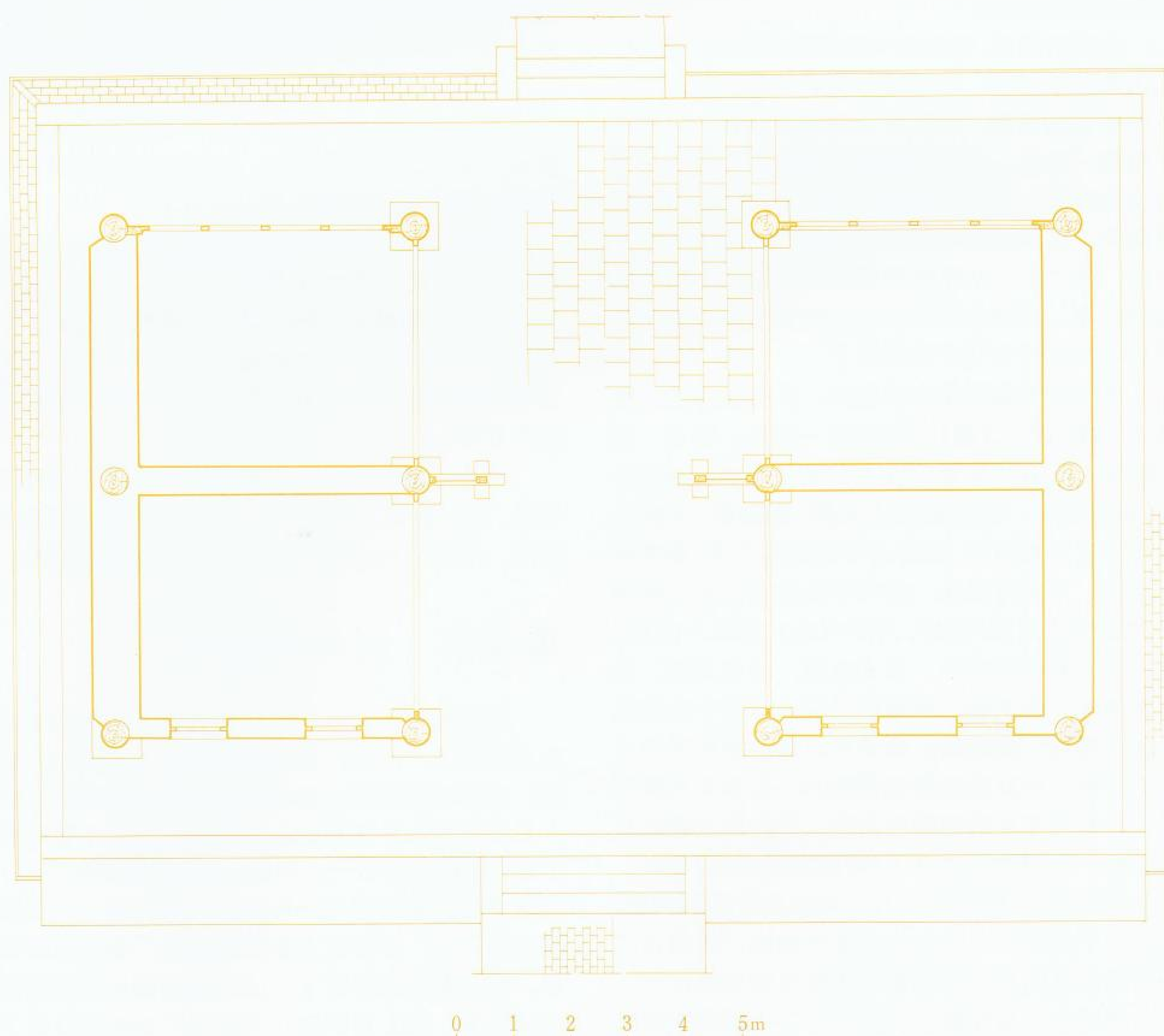


图5－4－2　天津蓟县独乐寺山门平面图

山门斗栱也有两个显著特点：

山门柱头铺作是五铺作重栱双卷头，其补间铺作也出两跳，但栌斗提高了一材一栔，栌斗下以蜀柱支在阑额上。

泥道栱栱身较长。依《营造法式》，对泥道栱（即栌斗上第一件横栱）规定为62分，独乐寺山门泥道栱长117厘米，折合71分，是可注意之处。

（二）单层单檐的佛殿

1. 二柱一梁型

这是一种最简单的柱架侧样，使用在小型佛殿上。一般民居也会采取这种类型的侧样，不同之处在于不用斗栱和建筑尺度较小。辽代的小型佛殿和唐代大约相仿，宽、深各为三开间，成正方形的比例，檐下用五铺作斗栱，前后檐柱间距常在10米以内。

有些辽代遗物显示了一些特殊的斗栱作法，例如易县开元寺观音殿的外檐柱头铺作，在华栱与栌斗之间添了一层替木，同时，在跳头上不施令栱，华栱头直托替木及其上方的撩檐槫。这前一特点不仅见于开元寺而且见于应县佛宫寺释迦塔第五檐斗栱和大同下华严寺海会殿外檐斗栱，这或许是当时某种简单的斗栱作法。后一特点（即华栱头直托替木）也见于海会殿以及敦煌莫高窟几坐北宋木构窟檐。看来，这一作法流传地域较广，是初期出跳结构的作法。

2. 三柱二梁型

这也使用在小型佛殿上。辽代例证是河北省涞源县阁院寺文殊殿，殿宽深各三间，内柱减去两柱，其柱架侧样近似于《营造法式》卷三十一"六架椽屋四椽栿对乳栿用三柱"的作法，外檐斗栱五铺作。

3. 前后对称四柱三梁型

辽代的中型规模的佛殿，例如面宽五间，进深在六丈以下的，使用这种侧样。大同下华严寺薄伽教藏殿是一具有代表性的实例。该殿面宽五间，进深八架椽。殿内共用内柱十根，明间用前后金柱各一件，到了梢间，则在前后金柱间又加分心柱一件以增强承受上部荷载的能力。内外柱同高（即前后檐柱与金柱同高）是辽代前期建筑

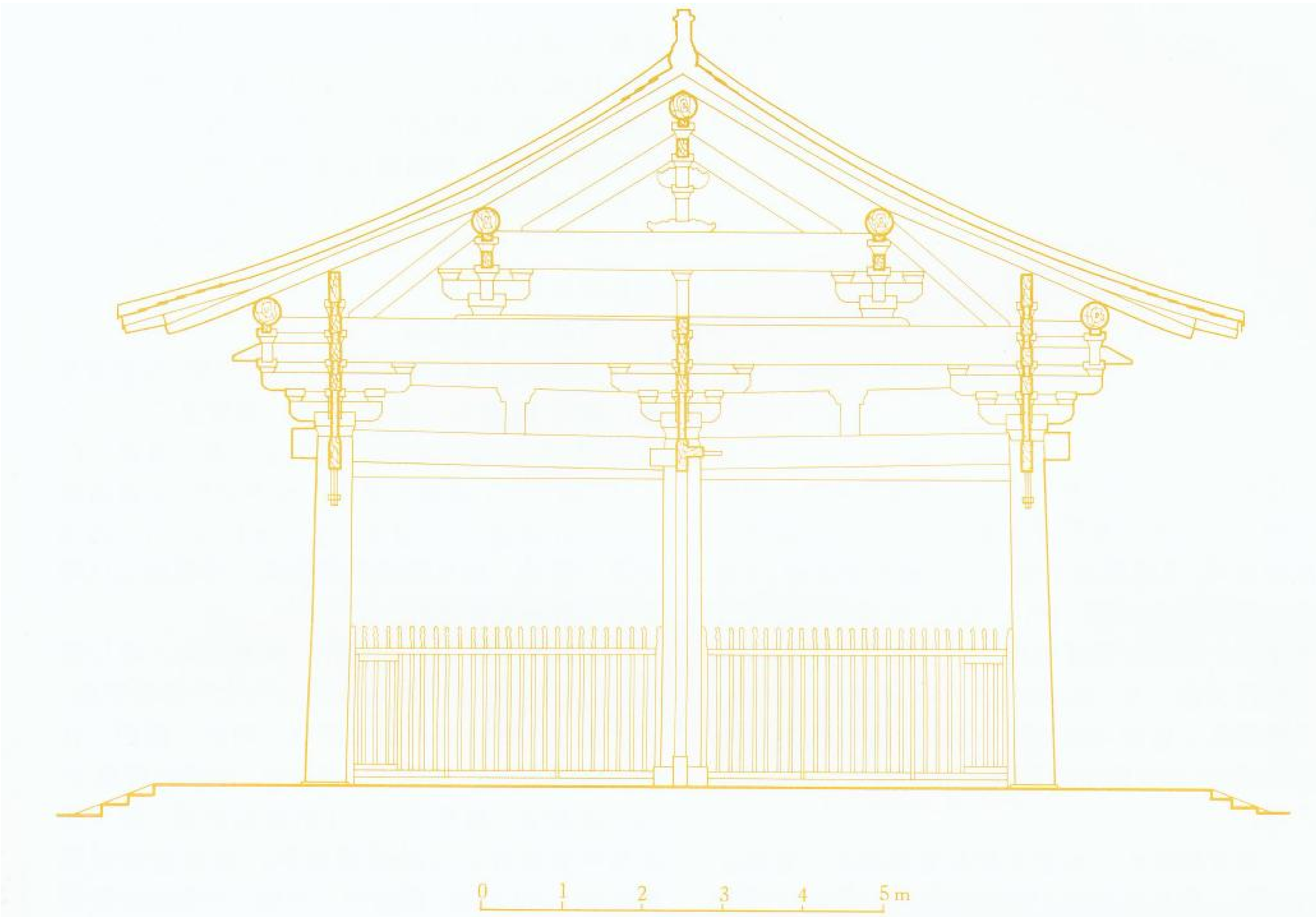


图5-4-3 天津蓟县独乐寺山门明间横断面图

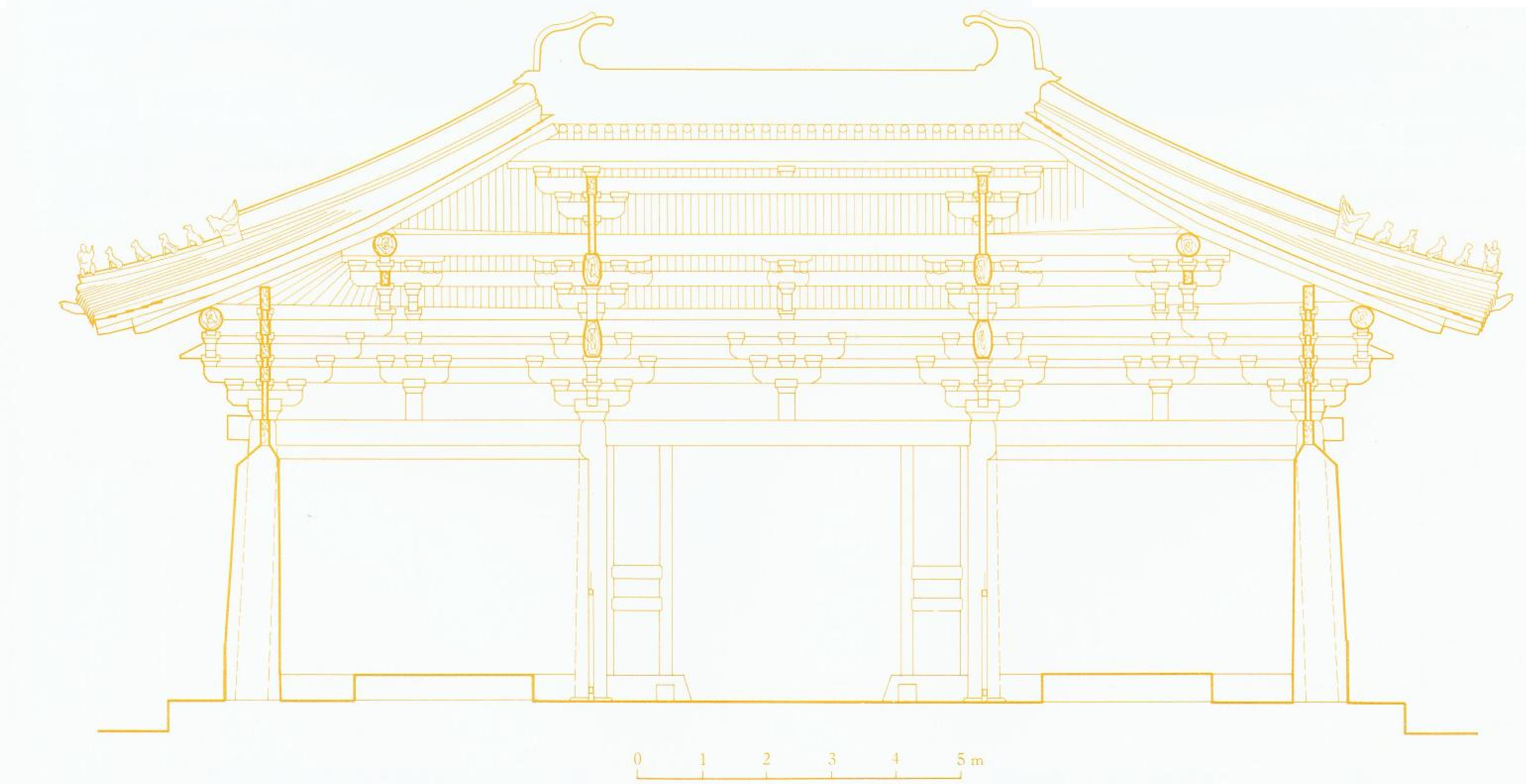


图5-4-4 天津蓟县独乐寺山门纵断面图

的一个特点。内柱柱头上有普拍枋相连，普拍枋上用斗栱，外出两跳华栱以承乳栿，内出三跳华栱以承四椽栿，自四椽栿以上的梁架结构未见详细资料，但其举折（也就是脊榑举高与前后撩檐榑间平距之比值）约为1：4.5，在所有的辽代建筑遗物中，以此比数最低，但与一些晚唐遗物，却较接近。这平缓的举折是辽代前期建筑又一特色。

薄伽教藏殿的外檐柱头铺作使用五铺作重栱双卷头结构。斗栱细部也有不少时代特点的反映：例如用材比较大，每件栱枋断面24×17厘米，约相当于《营造法式》规定的三等材；又如外出两跳并不等档，第二跳长仅为第一跳长的三分之一。在补间铺作和转角铺作结构上，也有独特之处。以补间铺作与柱头铺作比较，尽管也出两跳，但栌斗却提高了一材一栔，栌斗下以蜀柱支在普拍枋上，外观上呈现为一个不完全的铺作。转角铺作也有特点，角栌斗上，在与角华栱垂直方向出抹角栱二层，栱端置菱形平盘斗，这种作法和蓟县独乐寺观音阁上层转角铺作极其相似。

薄伽教藏殿是辽代的重要建筑遗物。现位于殿内的金大定二年重修薄伽教藏记碑上指出，在保大末年（1125年）的金人攻城战事中，没有受到破坏，修建九百四十年来，还保存着原来的大木构架未动。

新城县开善寺大殿也是一座辽代遗构。梁架斗栱与大同下华严寺薄伽教藏殿多有相同之处，平面柱列富于变化。该殿宽五间深三间，通面阔达25.80米，但在殿内只见四根内柱，显得很空敞，内柱排列且不对称（图5－4－5），这是因为殿内的群象依据密宗经典的观音大士、八大金刚而排列，繁多的群象需要减柱和移柱的做法，以扩大其瞻仰礼拜的视野范围；因此，明间的两缝柱架采取“四椽栿对乳栿用三柱”的侧样，而次间两侧却使用通檐六椽栿下加支柱的办法以承传上部荷重（图5－4－6）。

总之，开善寺大殿的柱列反映出辽代佛殿的设计思想，即结构安排是与实用要求紧密结合在

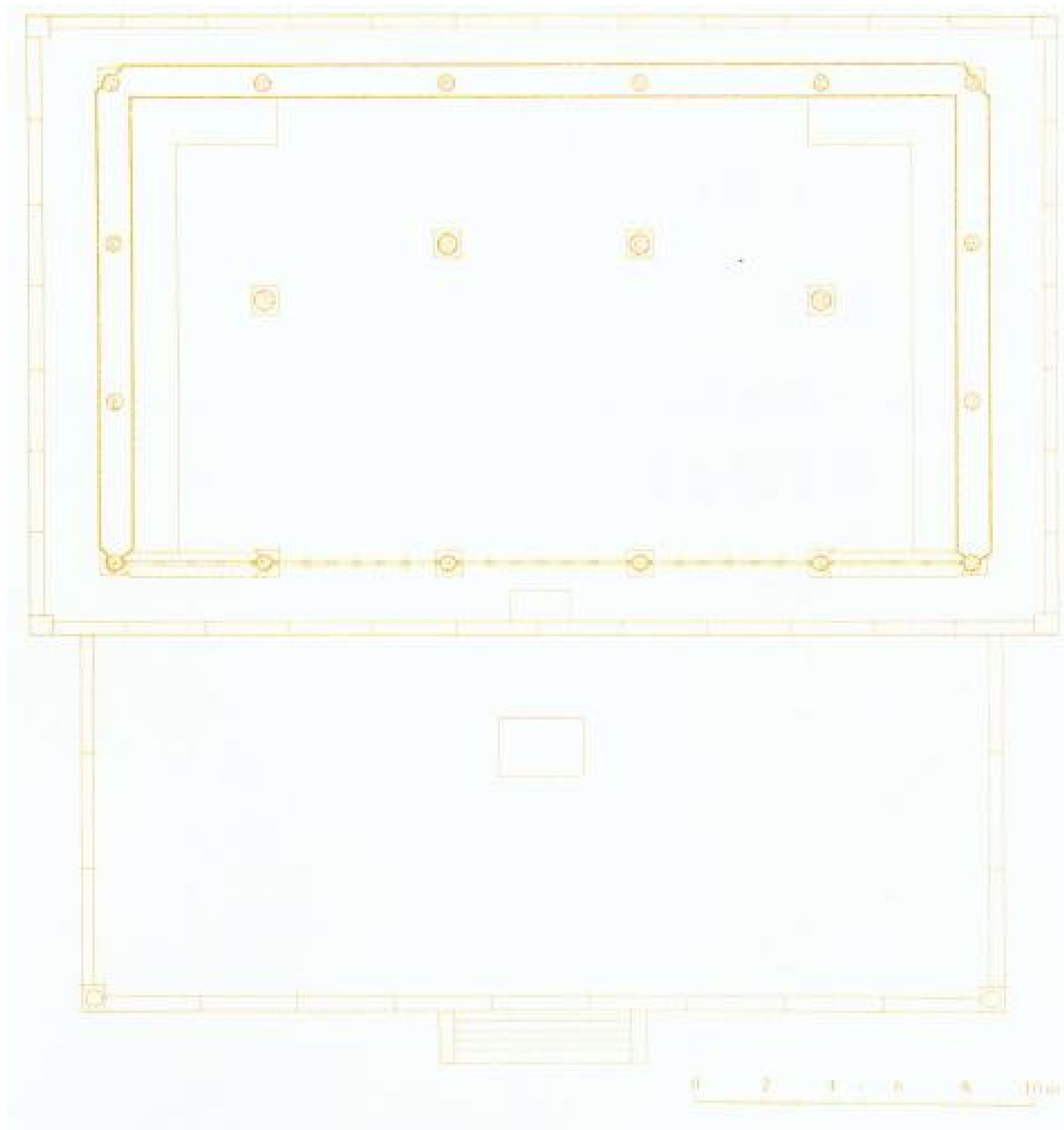


图5-4-5 河北新城县开善寺大殿平面图

一起的。在前后对称的四柱三梁型佛殿中，需要介绍一下大同上华严寺大殿。上华严寺大殿宽七间深五间，东向建立在高台上。殿的通面阔53米余，通进深27米余，尺度宽大，在辽代佛殿中当推第一。其柱架侧样虽属四柱三梁，但檐、金柱间相距三椽，用《营造法式》的术语说是“十架椽屋前后并三椽栿用四柱”，而前述薄伽教藏殿则是“八架椽屋前后乳栿用四柱”的图型，是其相异之处。

还应该指出，该殿平面布置及朝向，虽属辽代规模，但自斗栱以上的木架已因辽末兵火而残毁，金天眷二年曾进行较大程度的修理，以致出现了挑檐枋之类的后期做法。

4. 前后不对称四柱三梁型

义县奉国寺大殿是辽代大型佛殿建筑的代表作。据元大德七年《大元国大宁路义州重修大奉国寺碑》记载，寺建于辽圣宗开泰九年（1020年）。殿宽九间，深十椽，单檐四阿顶，屹立在一个高大的基座上，雄伟壮丽。金、元以来，曾经几度重修，不过仅外檐装修和屋顶瓦饰部分有所更易，梁架、斗栱等仍为辽代原构。经初步分析，该殿在木结构方面，主要有下列一些技术成就：

柱网布置

大殿南向，面阔九间（48.20米），进深十椽（25.13米），面阔与进深约为二与一之比。为了在殿内砌筑大砖台，塑造佛像群，并便于举行宗教仪式，因此在中央七间的前槽和内槽各减去内柱十二根，共用内柱二十根，使殿内有一个相当开阔的空间。东西两山和后槽各宽一间，是供人流活动的通道。反映了古代匠师在柱网配置上，从实用出发，突破了匀齐对称的传统习惯，具有较大的灵活性（图5－4－7）。

用材尺寸的选择

大殿的建筑构件，皆以“材”、“栔”为量度单位，材高29厘米，厚20厘米，高宽呈三与二之比。《营造法式》大木作制度规定：“第一等材，广九寸，厚六寸，殿身九至十一间用之”。该殿面阔九间，材高选用29厘米，折合宋尺9.3寸，相当于第一等材，恰与殿身规模相符，是现存辽代建筑中用材标准最高的一个实例。

该殿所用梁枋斗栱构件，数量很大，经过匠师的设计，将三十多种用材简化为七种标准断面。对于施工和估料都有很大便利。例如：阑额、扎牵的断面为40×20厘米，普拍枋、华栱的断面为44×20厘米，都采用2：1的断面比例。但大量的构件皆采用3：2的断面比例，如六椽栿的断面为71×48厘米，四椽栿、乳栿、平梁等的断面为54×38厘米，襻间枋、叉手等断面为29×20厘米，与蓟县独乐寺观音阁、宝坻广济寺三大士殿等辽代建筑的造梁制度基本相同；用材比较经济合理。

该殿自建成以来，已有九百多年，但这些梁枋构件至今仍平直挺健，没有发生弯折扭曲现象，说明古代匠师通过多年实践经验，已掌握了木材的性能和一般的力学知识，认识到梁枋等承重构

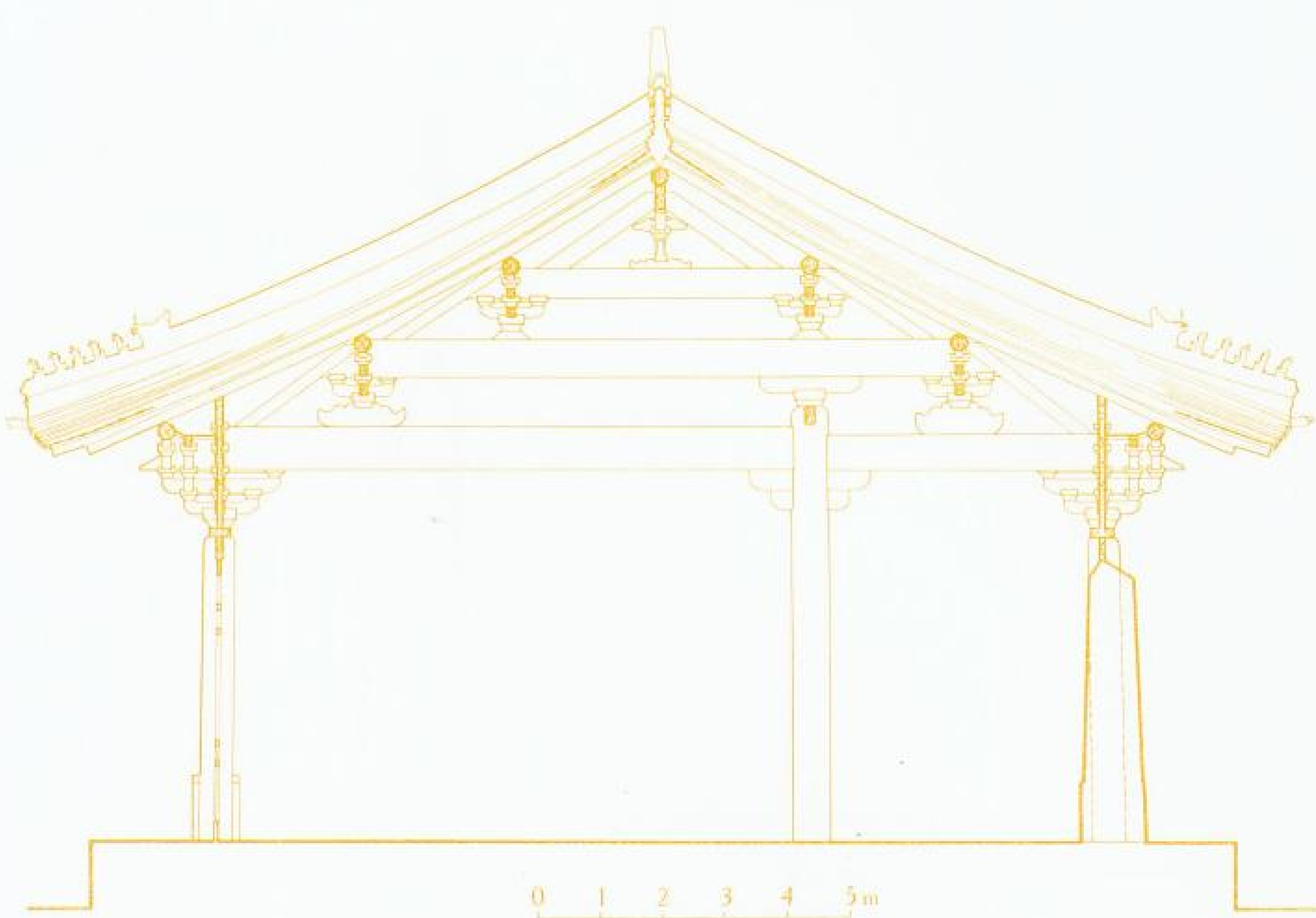


图5-4-6（1）河北新城县开善寺大殿明间横断面图

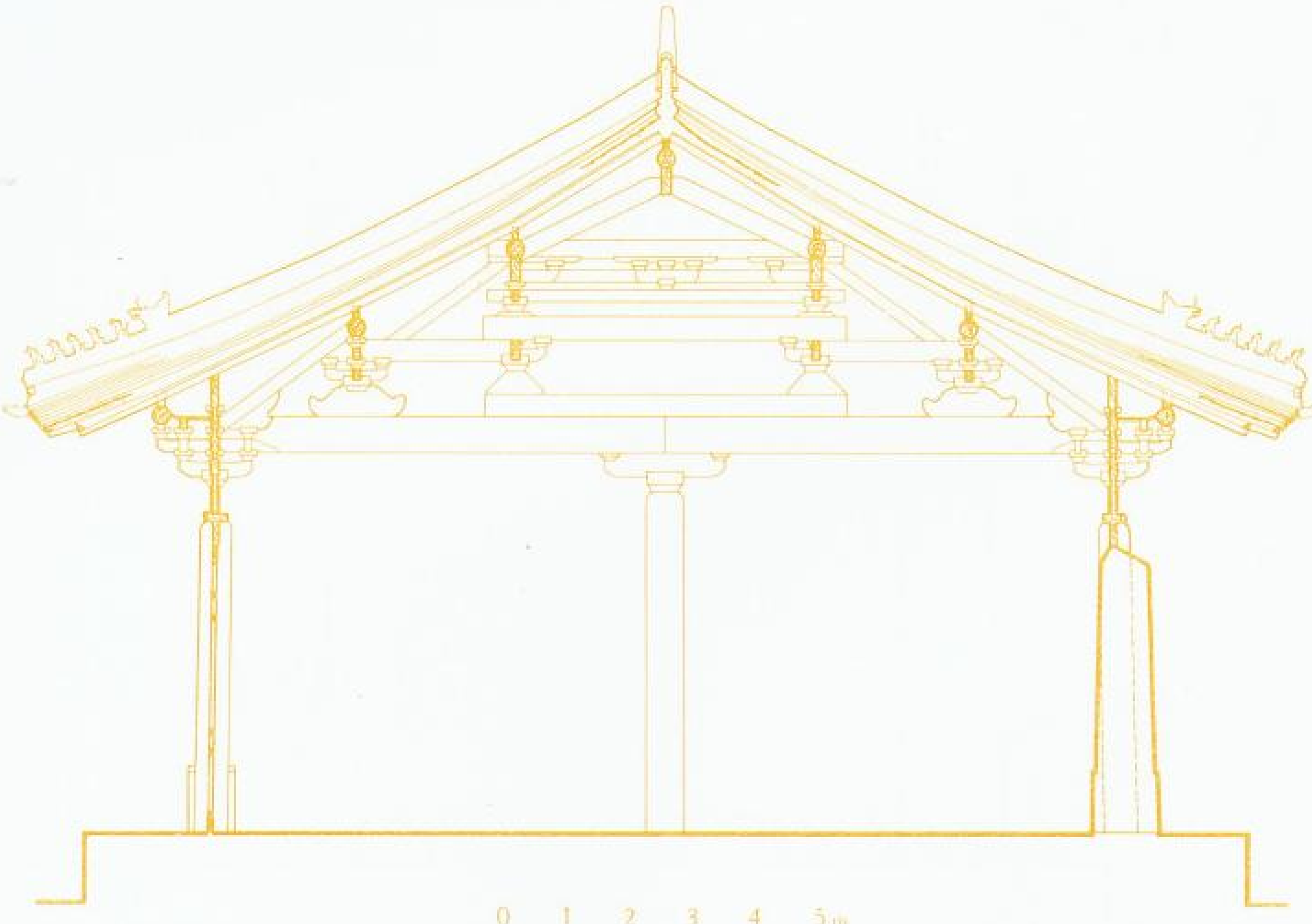


图5-4-6（2）河北新城县开善寺大殿次间横断面图

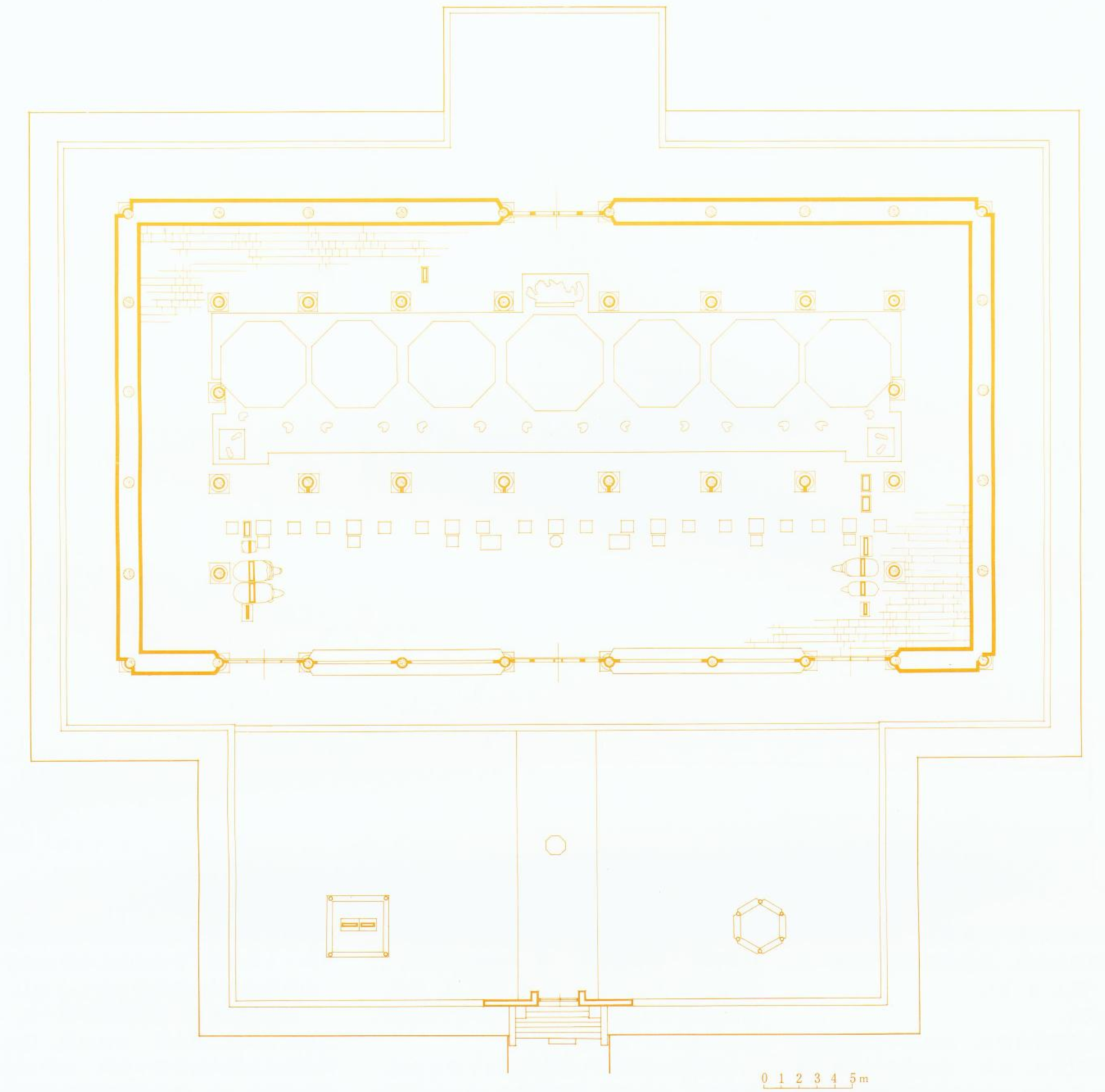


图5-4-7 辽宁义县奉国寺大殿平面图

件，断面尺寸的选择至关重要，而梁身断面要有足够的高度才能保证刚度。经验证明采用2∶1或3∶2的高宽比例，是行之有效的，这是古代木结构的一项突出成就。

梁架结构

大殿柱架侧样为四柱三梁式的厅堂构架做法。前槽、内柱高出檐柱约七足材；后槽、内柱高出檐柱约四材三栔。采用了内外柱不等高，前后槽内柱又不对称的排架方式。故在横向与纵向的结构构造方面出现了若干前所少见的新做法，具有一定的创造性。

（1）横架做法

殿内梁架八缝，当中六缝，前檐柱与金柱之间，进深四椽，每缝用四椽栿二根。下层四椽栿，外端搭在柱头铺作上，后尾插入金柱内，每根金柱正面各加抱柱一根，藉以减轻梁端的剪力。为了加强建筑整体刚度，其上复架四椽草栿一根，使内外柱之间的横向联系更加稳固。

前金柱与后槽老檐柱之间，相距四椽，是容纳塑像群的部位，需要一个比较高敞的空间，必须增加内柱的相对高度。因此，在前金柱的柱头栌斗上横穿顺栿串一根；同时，将后槽的草乳栿、扎牵、缴背等构件穿过老檐柱柱缝，逐层向内挑出，做成华栱四跳，然后将一根长达15米的六椽栿抬将起来，有效地解决了垫高和取平的问题。

值得注意的是，后槽一列柱缝上利用多层出跳华栱作为悬臂构件，很巧妙地使结构功能与艺术形象高度统一，处理手法是非常成功的。

同时，为了防止梁身挠度过大，六椽栿上复加缴背一层，从而增高了梁的断面，成为叠合梁。

脊步架，在平梁底下附加顺栿串一根；平梁之上，正中置驼峰、侏儒柱和丁华抹额栱，再上置足材襻间，两侧复施叉手支撑脊槫，使这部分



图5-4-8 辽宁义县奉国寺大殿明间横断面图

结构具有很好的刚度。在横架上广泛使用顺栿串和缴背等辅助性构件，是该殿梁架结构中的一个突出特点（图 5－4－8）。

（2）纵架做法

依据柱网配置的特点，在纵架中采用内外双层套框式结构方法。外环，在周檐的柱头缝上叠置柱头枋六层，构成一道十分坚固的刚箍。内环，于后槽和两山面的内柱缝上施普拍枋、内额，其上叠置柱头枋五层；至于前槽，因无老檐柱，则于第三槫缝下安排。做法是：在前槽四椽栿背上榻架内额、普拍枋，其上叠置压槽枋五层，与后槽和两山面的纵架联结成内围刚箍一环，此外，各槫缝下都普遍使用足材襻间做为纵横方向的联结构件，在各槫缝的结构中具有圈梁作用（图 5－4－9）。

从正脊至檐头，各步架的槫背上都用长大的生头木承托着各部椽子，使檐头和正脊微呈反曲形状。兼以四周的外檐柱都有显著的侧脚和生起，不仅使屋架的质量重心具有较好的稳定性，而且还使巨大的屋盖产生了舒展的轮廓线，做到了结构和艺术的统一。

六、斗栱

依据功能和部位的不同，此殿有外檐铺作、转角铺作、补间铺作各一种，内檐柱头铺作、补间铺作各一种，共五种。此外，在扎牵、驼峰、蜀柱、扒梁等交结点上还使用一些零星斗栱构件，结构有繁有简，功能各有不同。

外檐柱头铺作为七铺作双抄双下昂偷心造，外出四跳，内出两跳，使用批竹昂，耍头外端垂直截割，不加雕饰，细部手法与独乐寺观音阁相同。惟其出跳深度：一、三两跳长，二、四两跳短。令栱短，几乎与瓜子栱等长，是其特点。所有出跳的华栱和下昂都分别用以承托横架系统的承重梁和撩檐槫，真实地起着悬臂构件的作用，成为大木构架中不可缺少的组成部分（图 5－4－10）。

外檐转角铺作。沿 45°方向，从转角栌斗内斜出角华栱二层，角昂二层和由昂一层。由昂上置平盘斗，斗上蹲角神、顶着上面的大角梁。转角栌斗后尾，斜出角华栱五层，用以承托角梁。值得注意的是，栌斗两侧各增加附角斗一朵。转角栌斗的正侧面各出华栱四跳，第一、三跳俱偷心，第二跳跳头上置瓜子栱，与附角斗上的瓜子栱连栱交隐，联成一体。泥道栱与转角栌斗上的泥道栱也联成一体；附角斗后尾各出华栱三跳，分别承托里外跳的罗汉枋，纵横构件联结得相当紧密，从而大大地增强了转角铺作的刚度和整体性，是一种很有成效的处理手法（图 5－4－11）。

外檐补间铺作。各间俱用补间一朵，七铺作双抄双下昂重栱偷心造。外出四跳，里出二跳，结构形式与柱头铺作基本相同。惟栌斗矮小，下面垫以驼峰一只，使与柱头铺作的栌斗等高。同时，在柱头缝上不用泥道栱，而从护斗口内横出翼形栱一只，其上叠置柱头枋六层。

后尾出华栱两跳，第一跳偷心，第二跳跳上横施瓜子栱，慢栱各一层，其上置罗汉枋四层，用以承托檐椽。整组斗栱在使用构件上采用了一些简化措施。值得指出的是，受力中心部位用一只扁平的驼峰压在普拍枋上，由于扩大了承压面积，从而减轻了普拍枋的挠度，在局部处理手法中，也反映了是巧用匠心的。

此外，在纵架结构中，为内外槽柱头枋和各槫缝下的襻间等都淘汰了扶壁栱，而广泛地隐刻假栱，这是前所罕见的现象。

总之，由于奉国寺大殿的侧样为厅堂构架体系，柱梁是整个构架的主要组成部分，结构形式已趋向简化。因此，斗栱只在外檐部分和梁栿交



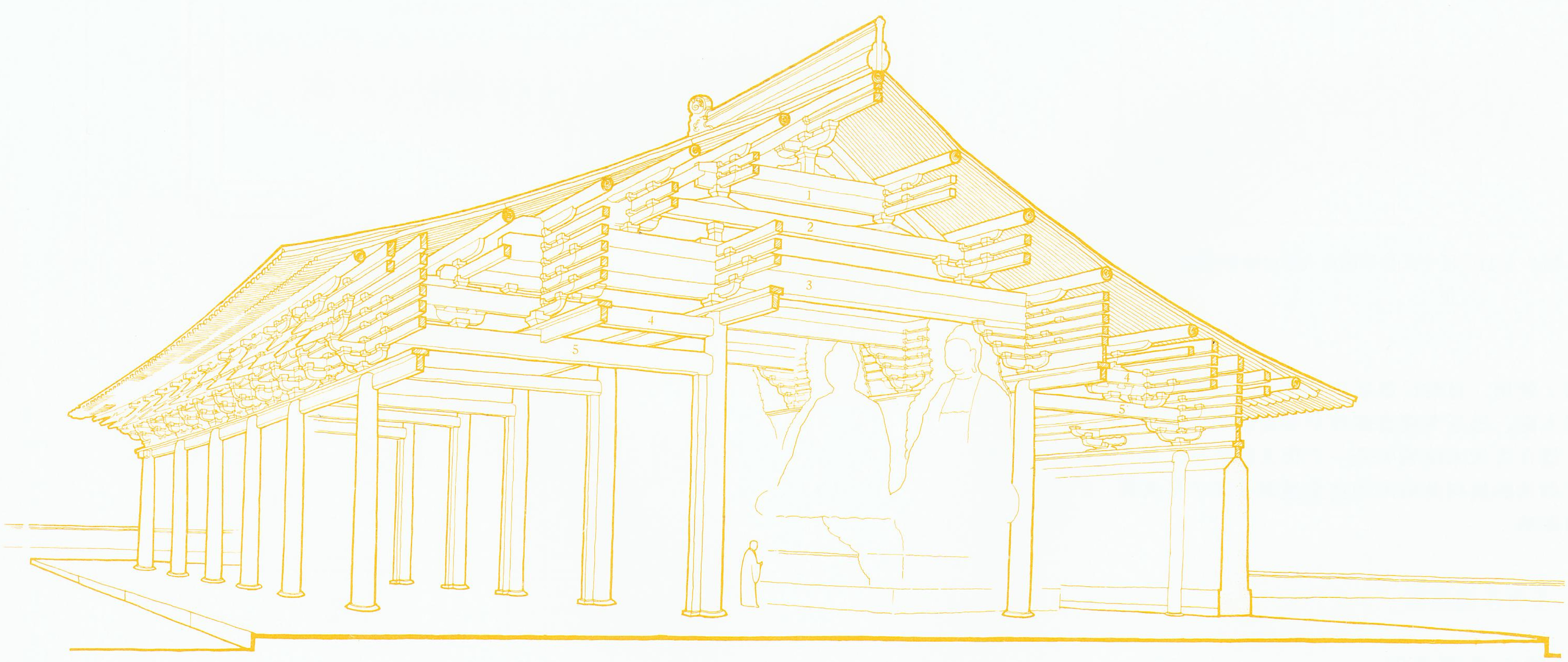


图5-4-9 辽宁义县奉国寺大殿梁架剖视图

1.平梁；2.四椽栿；3.六椽栿；4.劄牵；5.乳栿

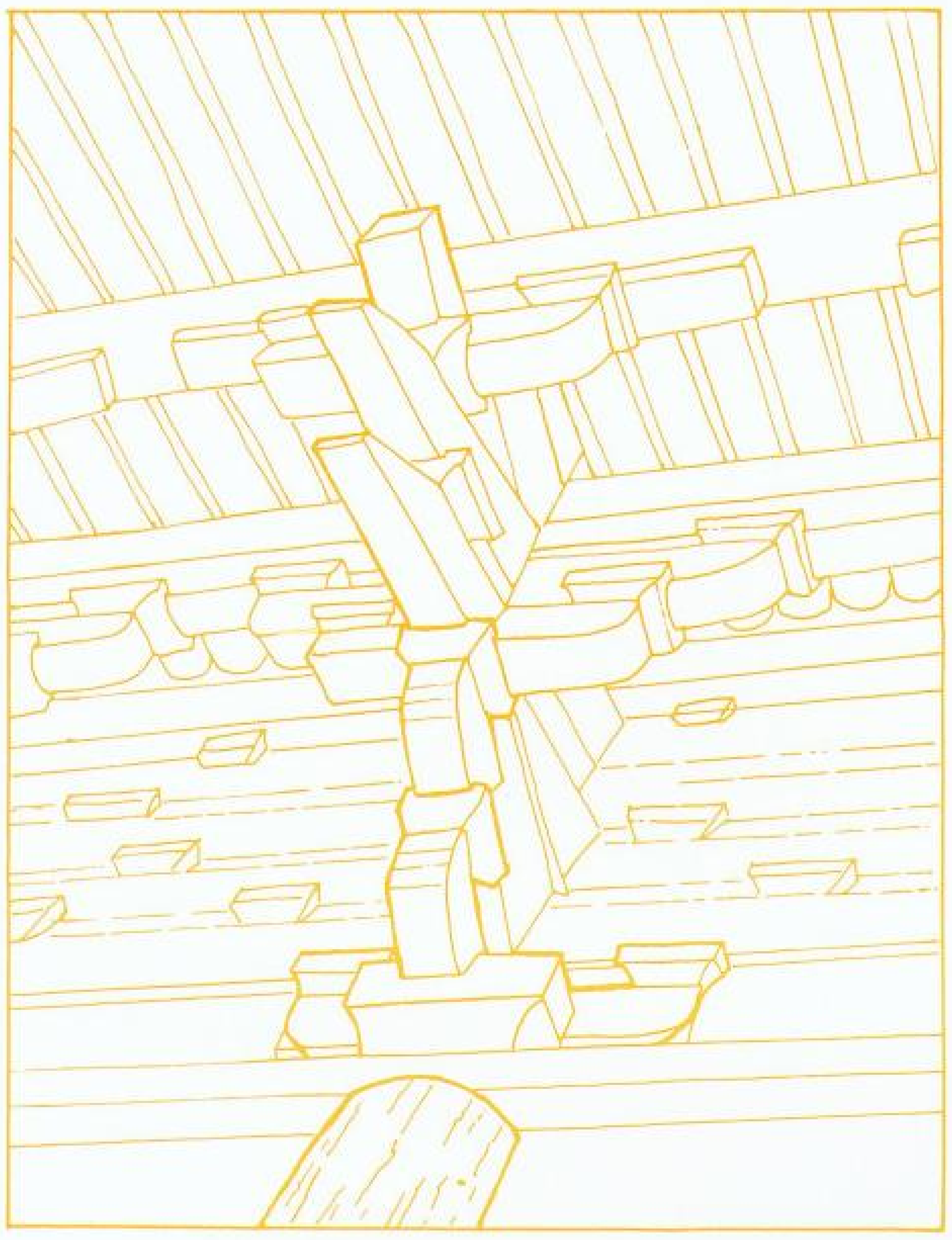


图5-4-10 辽宁义县奉国寺大殿外檐柱头铺作

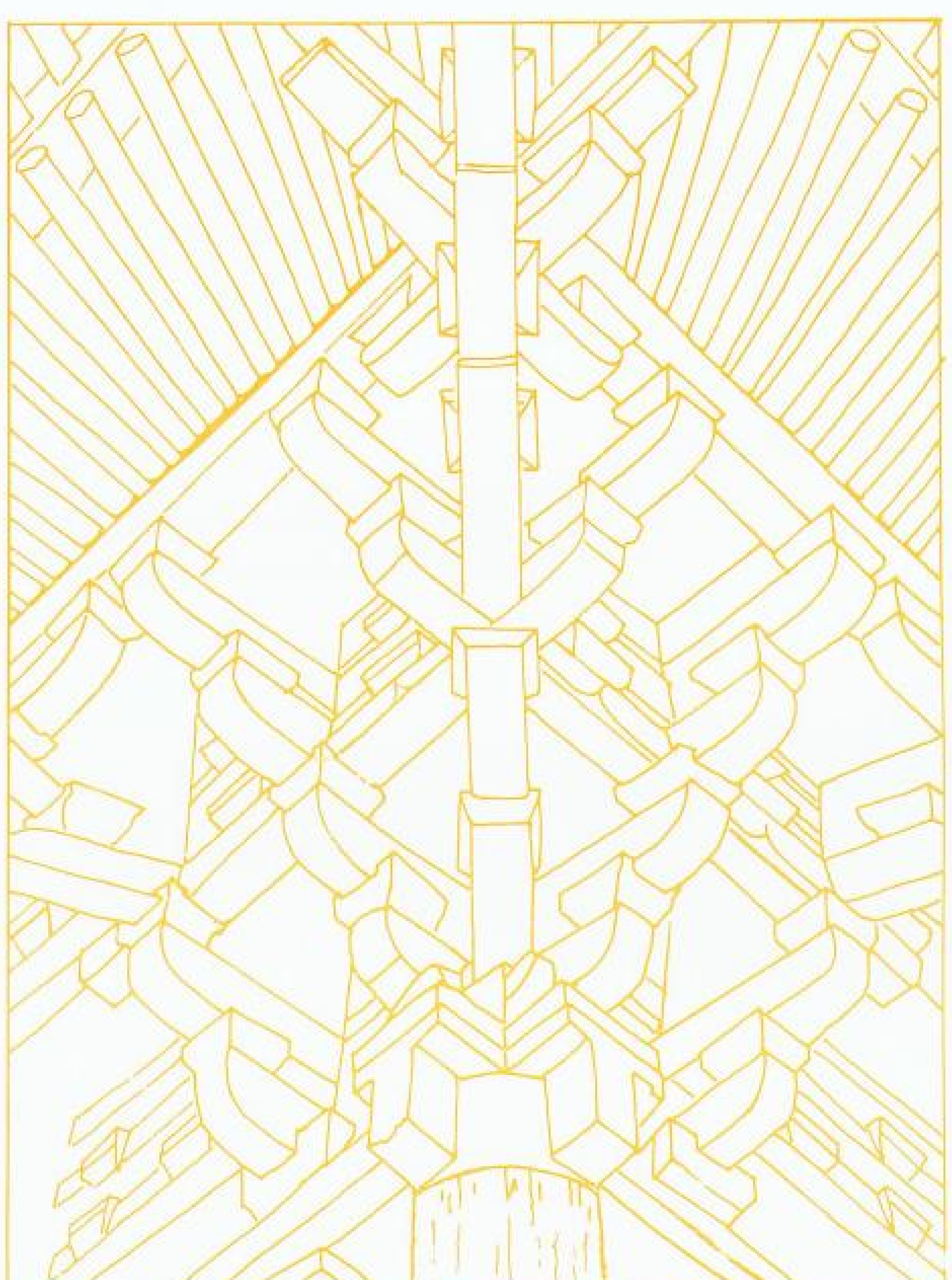


图5-4-11 辽宁义县奉国寺大殿外檐转角铺作

结点上使用，显然已退居次要地位，远远不如佛光寺大殿、独乐寺观音阁等早期建筑那样的重要了。这在古代木结构中是一个很大的转变，这一简化结构的趋向给后来的辽金建筑带来了极其深刻的影响。

二 多层多檐建筑

(一)独乐寺观音阁

观音阁建于辽统和二年（984年），是一座三层的木构楼阁，其中第二层是平座暗层，外观为两层，通高22米。面阔五间，进深八椽，重檐九脊顶。阁中央置有一座高16米的观音像。阁的结构特点如下：

1. 用材的标准化

观音阁的内外檐大木构件，因功能和部位的不同，在用材方面采用了三种不同的标准。

（1）外檐斗栱：单材27×18厘米，栔高11.5厘米，足材38.5×18厘米。使用一等材（18.7×5.8寸）。

（2）内檐斗栱：单材25.5×18厘米，栔高13厘米，足材38.5×18厘米。使用二等材（8.2×5.8寸）。

（3）平座斗栱：单材23.5×16厘米，栔高11厘米，足材34.5×16厘米。使用三等材（7.5×5寸）。

但以一等材占支配地位，用材标准仅次于唐佛光寺大殿，材、栔尺度相当雄大，显示了早期木构建筑的特征。

大阁全部结构、梁枋、斗栱不下千数，层栌叠架，结构精巧；但经匠师精心设计，将所有大木构件简化为六种标准截面：

泥道慢栱、慢栱、瓜子栱、令栱；罗汉枋、平棋枋及下昂等皆用单材。

阑额、普拍枋、华栱、泥道栱等，俱用足材。

明栿，广一材一栔。

扎牵，广二材弱。

平梁，广二材。

檐栿，广二材一栔。

观音阁，由于采用了上述六种标准截面，对于设计、施工和估料等都提供了方便条件，这是辽代匠师在建筑技术上所取得的一项重大成就。

此外，从梁枋所采取的截面比例，用料颇为经济合理。例如大阁的主要荷重梁——四椽栿，长7.43米，横截面为58.5×30.5厘米，高与宽的比例接近2∶1。材料力学表明，大梁截面采用高二宽一的比例，不仅能保证刚度，而且还节省木料，可称是一种成功的经验。大阁自建成以来，历时将近千年，梁犹健直无恙，足以证明其用材

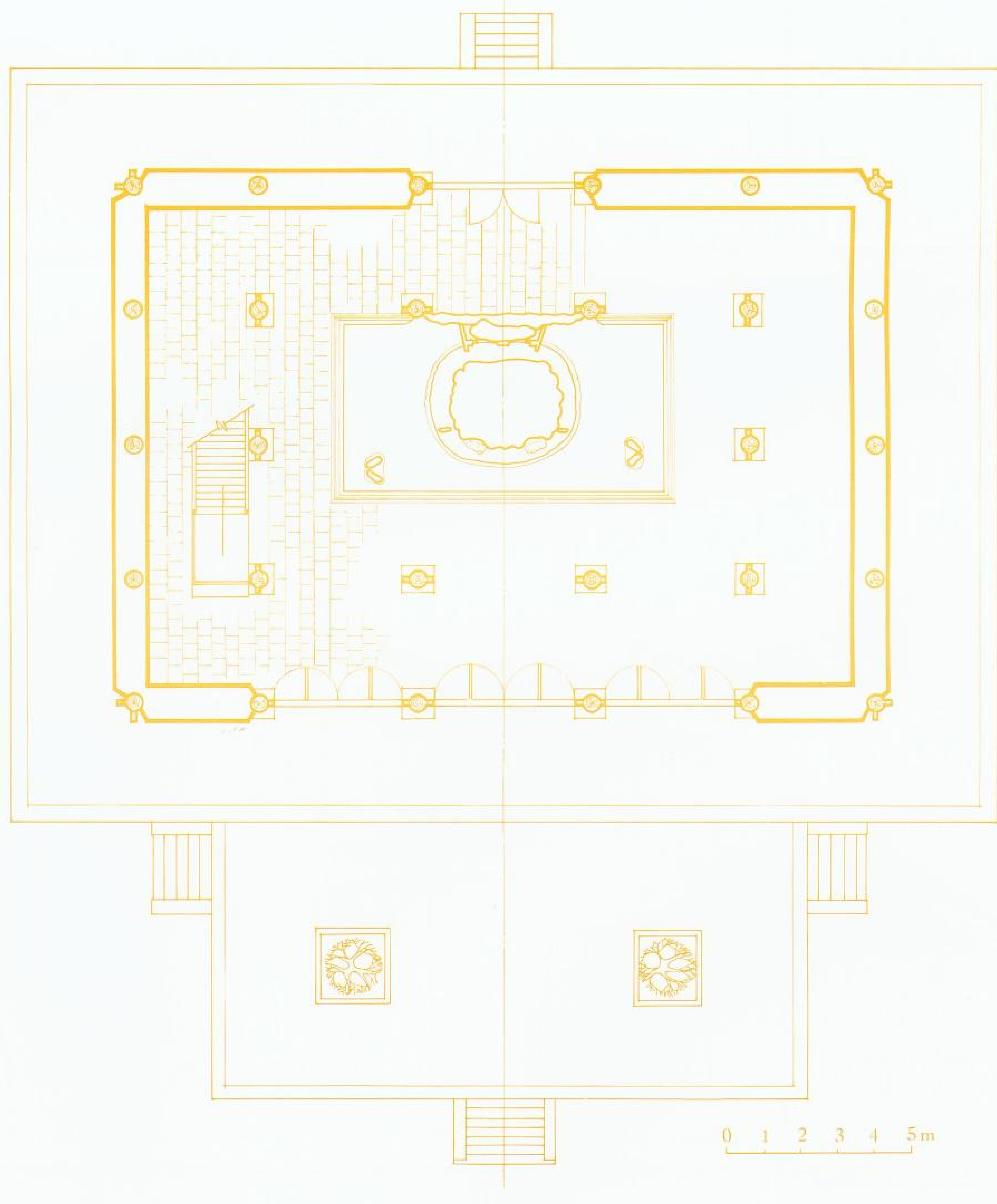


图5-4-12 天津蓟县独乐寺观音阁首层平面图

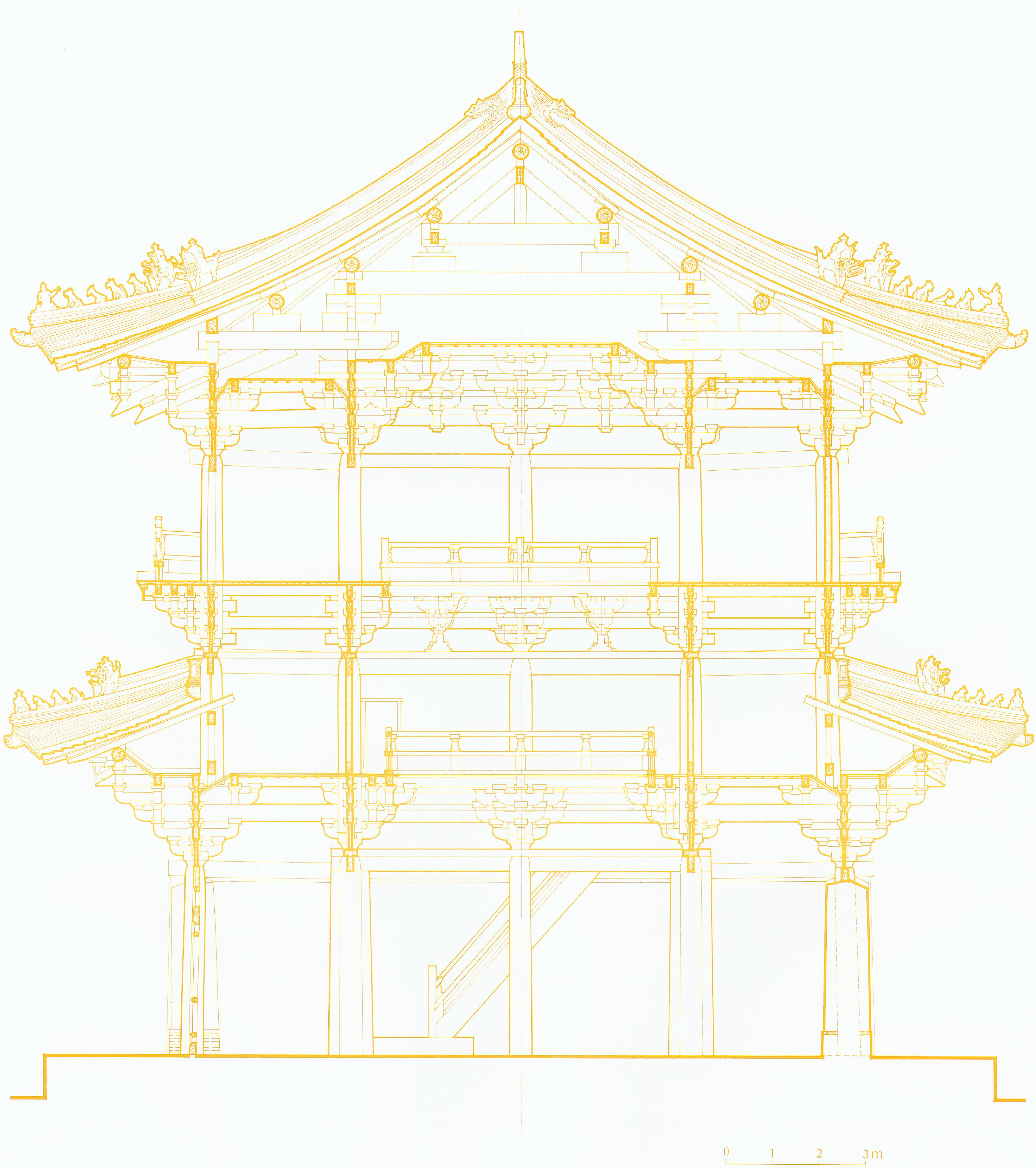


图5-4-13　天津蓟县独乐寺观音阁次间横断面图

标准至为恰当，充分体现了辽代匠师在木结构设计中所具有的高度水平。

2．柱网布置合理

殿面宽五间，进深四间，柱网布置采用内外两环的配置方法（图5－4－12）。外檐柱十八根，内柱十根，构成一个大圈套小圈的双层柱网平面。东西宽20.20米，南北深14.20米，阁高22米。面宽与进深的比例以及高与进深的比例均在4∶3左右。宽深高低，比例适度，故整座建筑物的重心比较稳定。这显然是当时的匠师经过全盘考虑后所采取的布置方法。

3．构架方法

观音阁高三层，进深八椽，外观为两层，重檐九脊顶，中间是平座暗层。使用内外两槽构架和明栿、草栿两套屋架。凡露明的梁枋、柱额和斗栱、栏楯等皆用明栿做法，制作精细，平棊以上和暗层等隐蔽部分皆用草栿做法，加工粗略。施工上有糙细之分。

整个构架，从下至上由三个结构层叠置而成。全部结构都是按水平方向分层制做安装的。同时，内外柱约略同高，而且柱身比例低矮，因此具有很好的稳定性，与五台佛光寺唐代大殿的结构原则是一致的，仍保持了唐代的技术传统。

三层梁柱构架都是由双层柱网所组成。柱子的纵横两个方向皆用梁枋、斗栱相互搭接，形成内外两层框架。即外檐柱网所组成的框架套在内檐柱网组成的框架之外。每一个结构层的两套框架之间，皆依据不同的功能要求，用梁枋、斗栱等构件联结在一起，形成一个整体（图5－4－13）。

隐蔽部分，广泛使用斜撑作为加固构件。例如，脊步架襻间的左右使用“叉手”；各缝榑木之下使用“托脚”，可防止檩木位置滑动；上层外墙里面，在柱间施用斜撑支撑固济，并用绳索系枝篱，里外敷以草泥，做成编壁夹泥墙，使斜撑隐在墙内。在围护结构里施用斜撑，能增强墙体刚度，防止框架变形；这比土墼墙（或砖墙）不仅质量轻，而且具有弹性，有利于抗震，是辽宋木构楼阁中一种比较流行的做法。

特别是平座暗层部分，由于开了一个很大的井口，结构刚度因之减弱。一旦受到水平推力，每易扭曲变形，为了弥补这个弱点，特于内外柱之间施以巨大的斜撑，以保持框架的稳定。

以上这些在隐蔽部分所施用的各种斜撑，

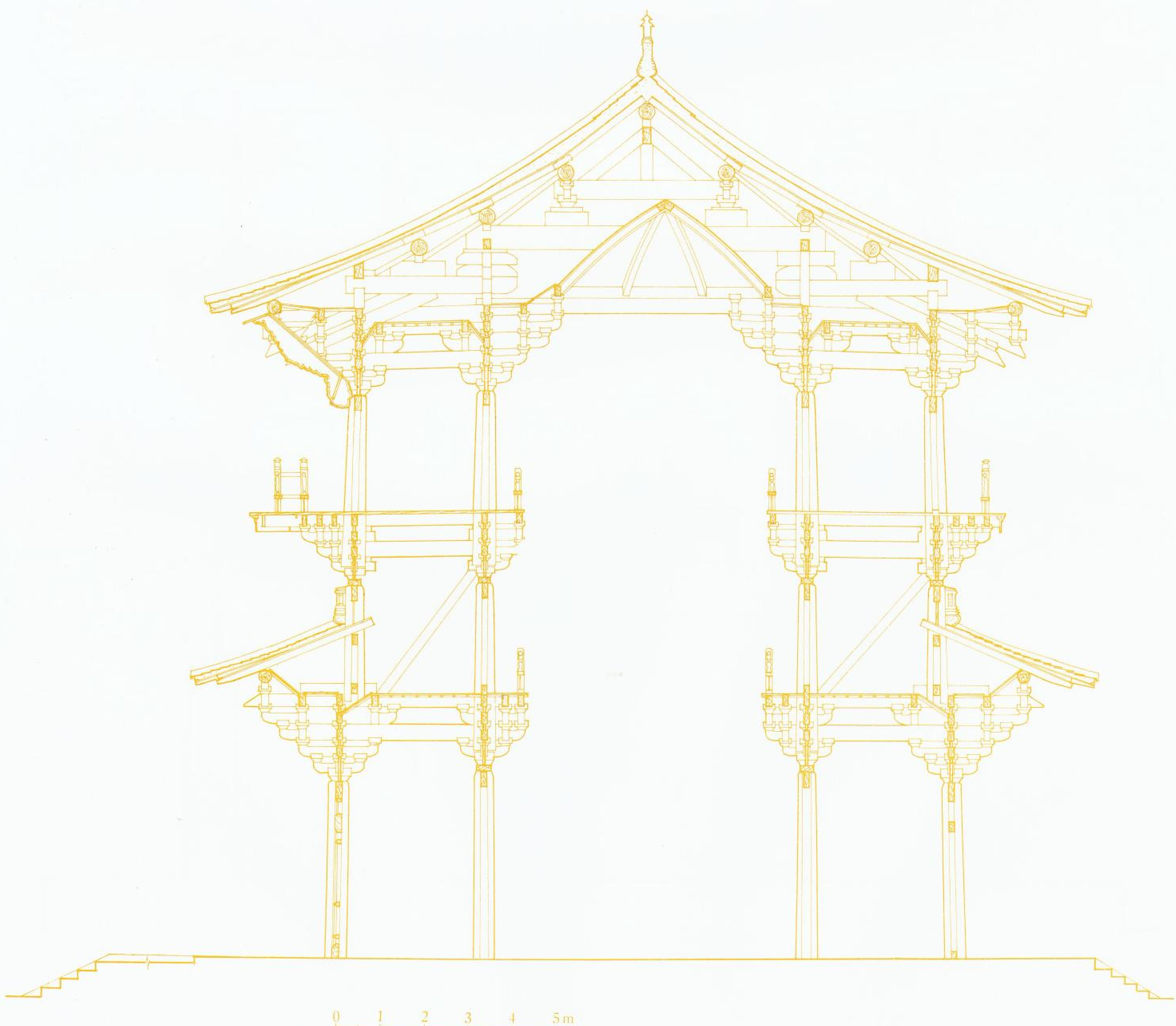


图5-4-14 天津蓟县独乐寺观音阁明间横断面图

经多次地震考验，证明确是一种有效的加固方法（图 5－4－14）。

4．柱侧脚与柱生起的应用

侧脚与生起是古代建筑工匠在长期实践中所创造的一种稳定木结构的方法，在《营造法式》一书中，已定为必须遵守的制度。观音阁的各层柱子都有明显的侧脚与生起。以头层外檐正面平柱为例，柱脚向外侧出 13.5 厘米，约合柱高 3.3%。每面檐柱的高度，从次间平柱开始以至角柱，其高度逐个增加，头层正面，角柱生起 14 厘米（4.5 寸），使整个建筑物的结构重心都向里倾侧。同时，暗层和上层檐柱的柱位，还向里收进约一个柱径，使整个建筑物的构架上小下大，重心为之降低。由于在结构构造中采用了以上这些措施，对于整座建筑物的稳定方面收到了良好效果。

此外，由于外檐柱有生起，屋架四坡的各缝檩条上，还设有"生头木"，椽子、望板钉齐后更形成一个反翘形的大曲面，这样就使四面檐口很自然地形成一种舒展如翼的轮廓线，在造形上取得了优美的艺术效果（图 5－4－15）。

5．不同方向的井口布置

由于观音阁内需要树立一个高达 16 米的泥塑观音像，就得在中层（暗层）和上层的中心部位开出一个贯通上下的空井。因之，阁内便开了两层井口，对于原构架的稳体性和强度有所减弱，尤以中层的长方形井口，受到水平推力后容易变形。为了克服这一缺点，上下两层井口的方向仍相错配置，上层用了一个扁平的六角形井口。由于上下两层空井的形状不同，改善了受力条件，有助于防止空井的结构变形，而空井又是容纳塑像的空间，做到了结构和功能的统一。这是多层木构建筑在技术上的突出成就（图 5－4－16）。

6．斗栱形式多样

观音阁的斗栱，在全部结构中是重要组成部分，皆以结构为主要功用。故在处理手法上，多根据每种斗栱的特殊用途而异其形制。或承檐，或承平座，或承梁枋，或在柱头，或在转角，或在补间。内外上下，繁简不同，共有二十四种之多。但结构功能明确，其使用部位井然有序。故类型虽多，并无杂乱之感。

例如，下檐用四跳华栱层层挑出，但上檐却使用双抄双下昂，同是七铺作斗栱，而形式则迥

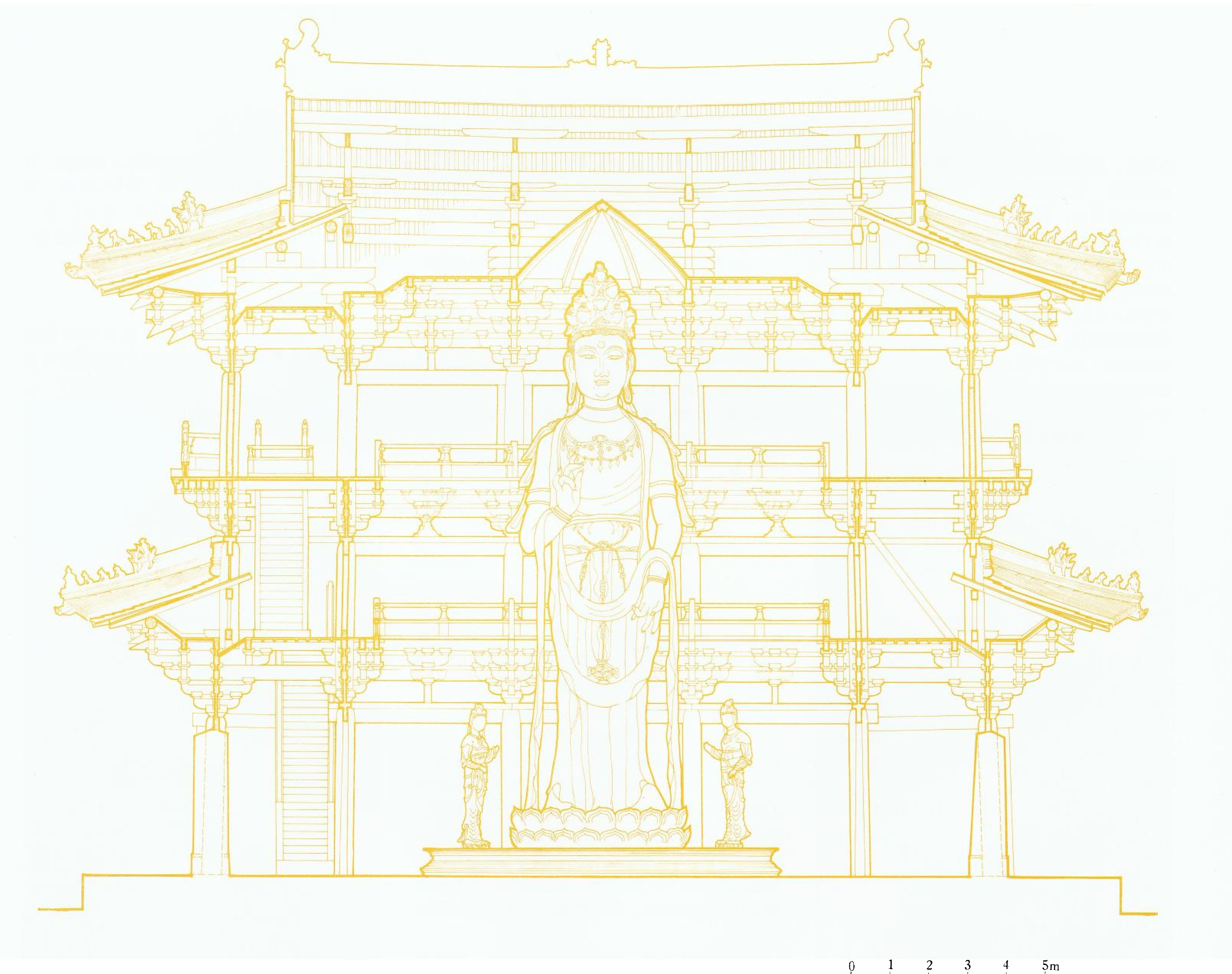


图 5-4-15　天津蓟县独乐寺观音阁纵断面图

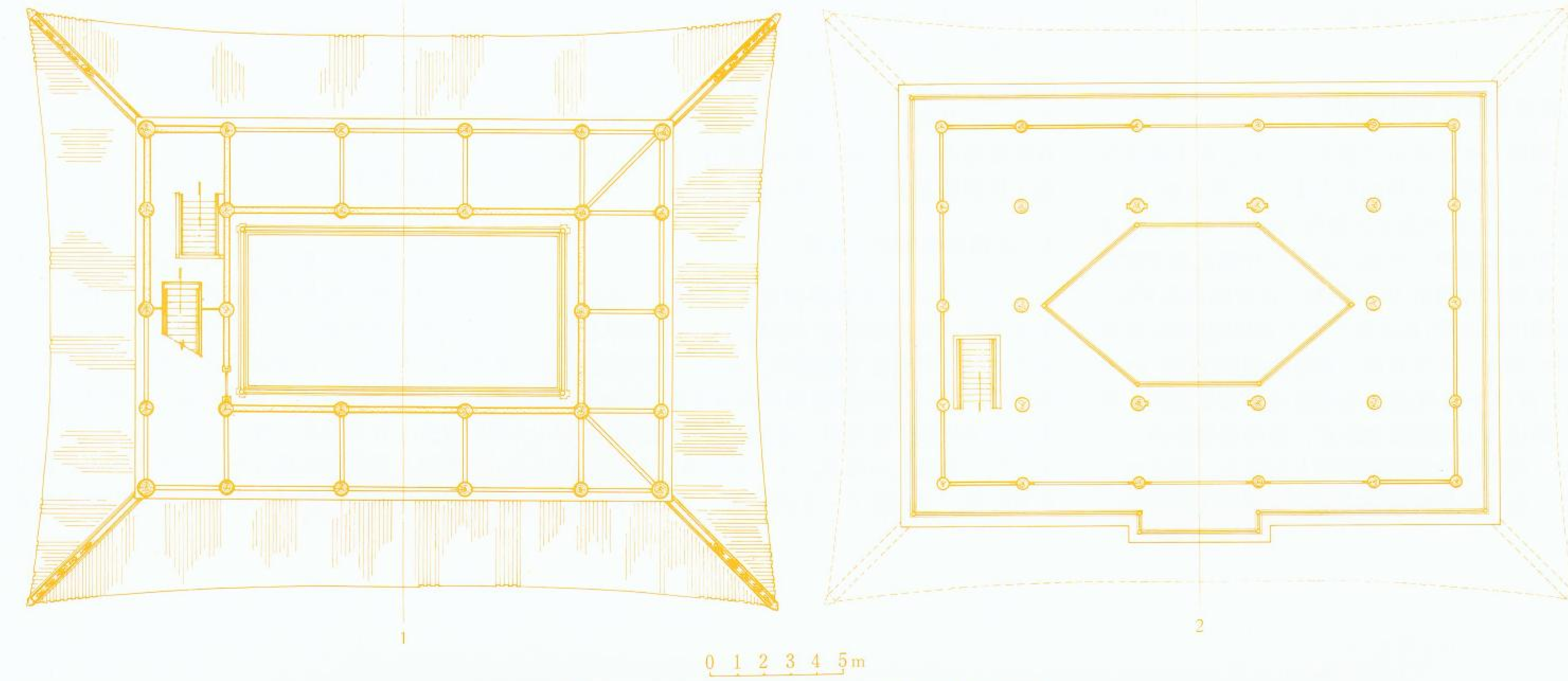
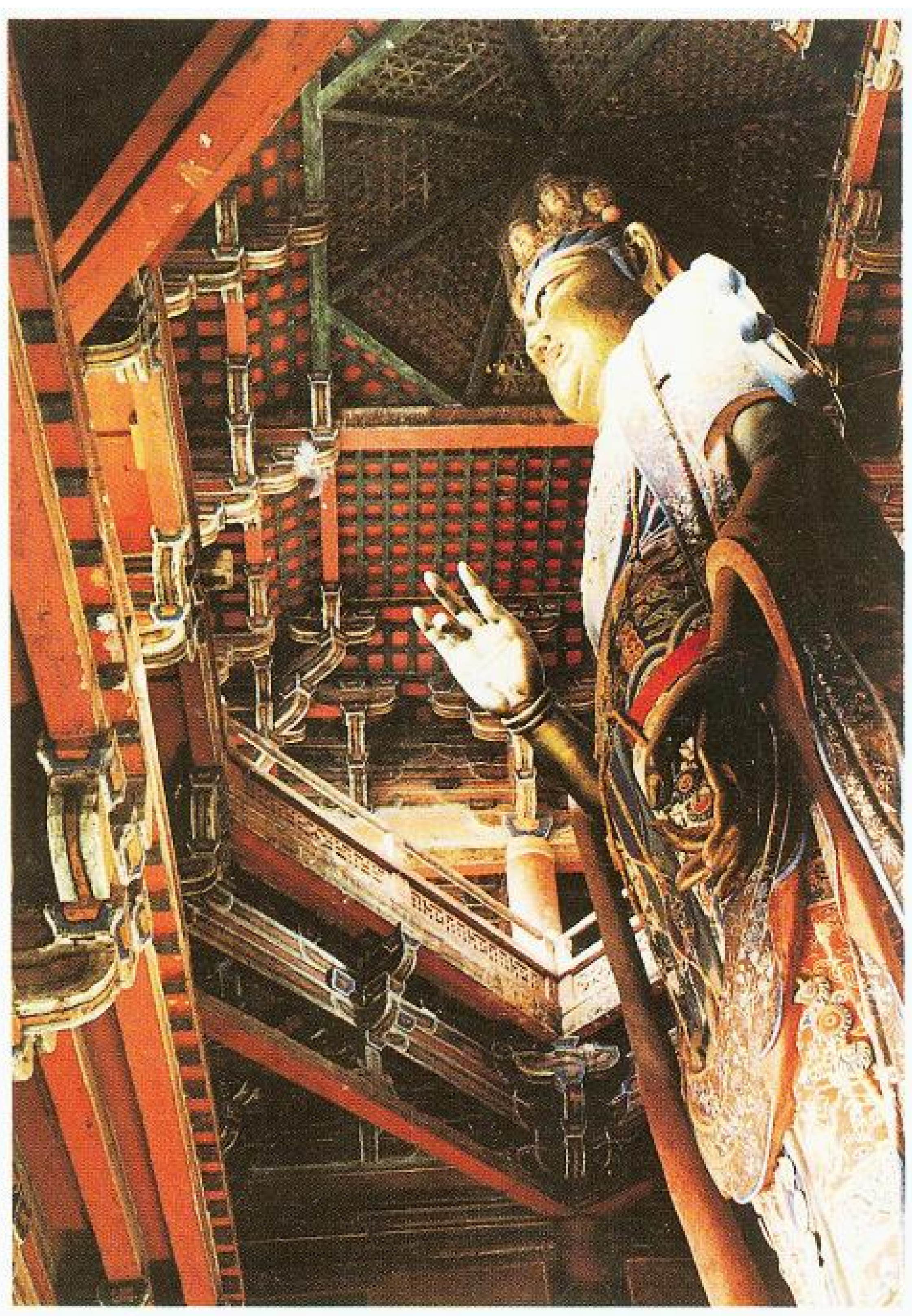


图5-4-16 天津蓟县独乐寺观音阁暗层及上层平面图
1.暗层平面；2.上层平面

然不同。这是因为昂的出跳虽和华栱出跳的水平长度相同，但其高度稍低，可以节省屋顶内的空间和屋架用料；同时，下昂后尾压于草栿下，加强了外檐斗栱与屋顶构架的整体性。这种利用下昂和华栱出跳相等而高度不同的特点以调整屋顶坡度的方法，是唐、辽木构建筑中一种常用的处理手法。又如内檐上层空井部分，为了增高空间，以利容纳佛像，经过精心设计，从柱头向内挑出华栱四层，用以支承上面的平闇和藻井，取得了相当高敞的空间，也是一种卓有成效的做法（图5－4－17）。

至于平座部分，则于内外柱之间横施地脚枋


图5-4-17 天津蓟县独乐寺观音阁内部结构

和铺板枋，外出华栱三跳，内出华栱二跳，用以承托襯方和楼板。华栱俱用足材，而且跳距较短，坚实有力。发挥了斗栱在木构架中所具有的重要作用。

但观音阁在结构上也存在若干缺点和薄弱环节，例如，由于出檐过于深远，檐头产生了弯垂现象，因之，清乾隆间重修时不得不在四角支顶擎檐柱，以资维持屋檐的稳定。还有，上下层柱子不是直接贯通，而是采用叉柱做法，即是将上层柱子的柱脚劈开后骑在下层斗栱上，由于节点不牢固，致使柱位容易错动或倾斜，成了全部结构中的一个薄弱环节。因此，到了元明以后的楼阁建筑，为了加强结构的整体性，便取消了叉柱造和暗层，改用了"永定柱"做法（上层柱子直接从地立起），道理就在这里。

(二)应县佛宫寺释迦塔

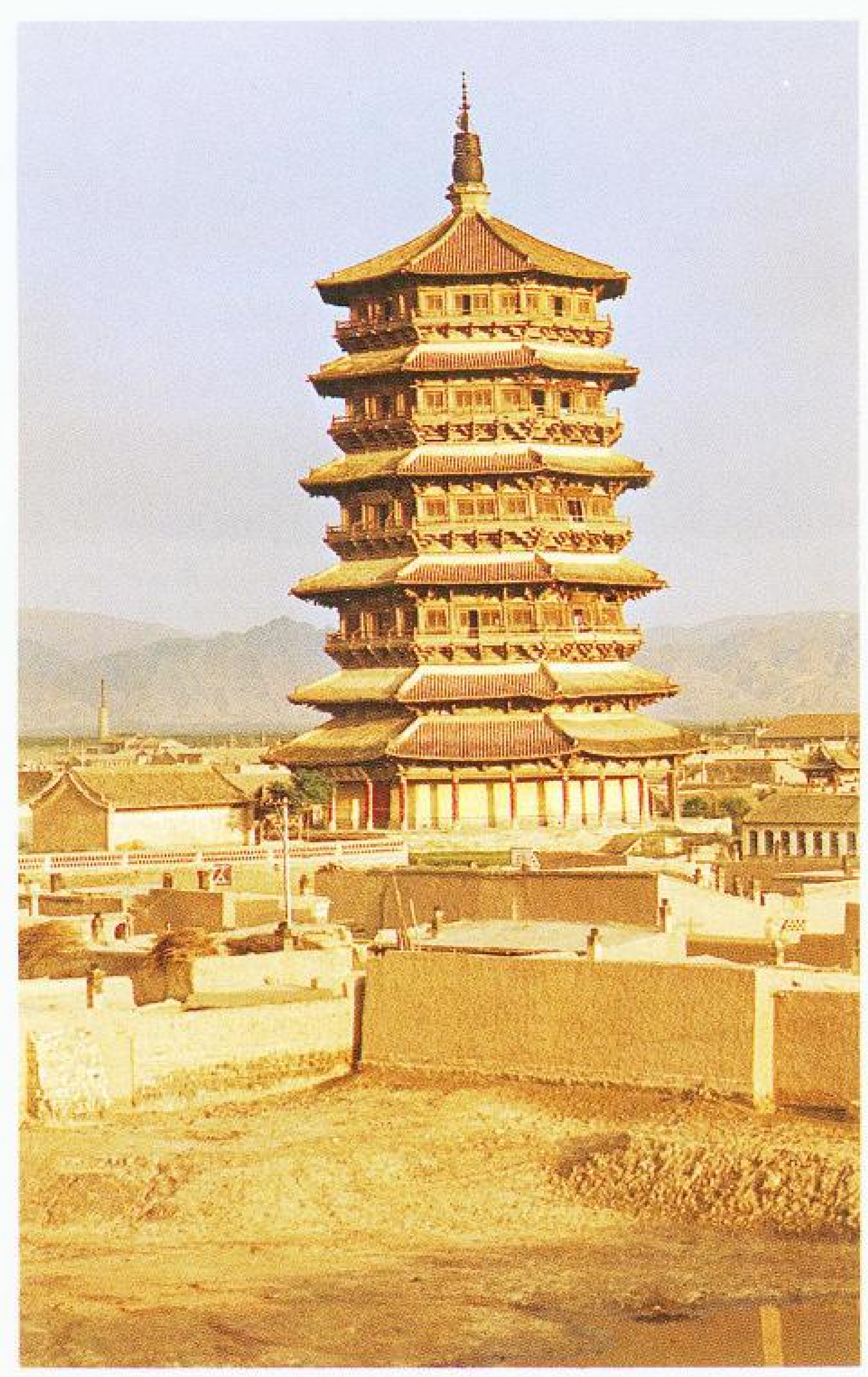
山西应县佛宫寺释迦塔，建于辽道宗清宁二年(1056年)，是国内现存最古老、最高大的一座楼阁式木塔。作为工程技术成就来讲，这座木塔凝聚了我国古代匠师的聪明智慧和创造才能，九百多年来，经过多次地震考验，至今巍然屹立，不能不说是中国建筑史上的一个奇迹。

应县佛宫寺释迦塔，据明万历田蕙《重修应州志》记载："佛宫寺初名宝宫寺，在州治西，辽清宁二年（1056年）田和尚奉敕募建，至金明昌四年(1193年)增修益完。塔曰释迦，道宗皇帝赐额。元延祐二年避御讳，敕改宝宫寺为佛宫寺。顺帝时（1333—1368年）地大震七日，塔屹然不动。塔高三百六十尺，围半之，六层八角，上下皆巨木为之，层如楼阁，玲珑宏敞，宇内浮图足称第一"。

塔平面八角形，底层直径30.27米，外观为五层六檐。全塔结构从下至上可分为三部分。最下是砖石垒砌的基座，高4.40米（台基以下基础部分情况不详）。第二部分是塔身，自基座上至塔顶砖刹座下，全部用木结构，高51.35米，砖刹座高1.65米；最上是铁制塔刹，高9.91米。总高67.31米。体形高大，结构复杂，轮廓优美，是一座典型的楼阁式木塔（图5－4－18）。

(1)基座

全塔建立在一个用条石和大砖垒砌的基座上。基座总高4.40米。为了不使上下踏道过长过


图5-4-18 山西应县佛宫寺释迦塔

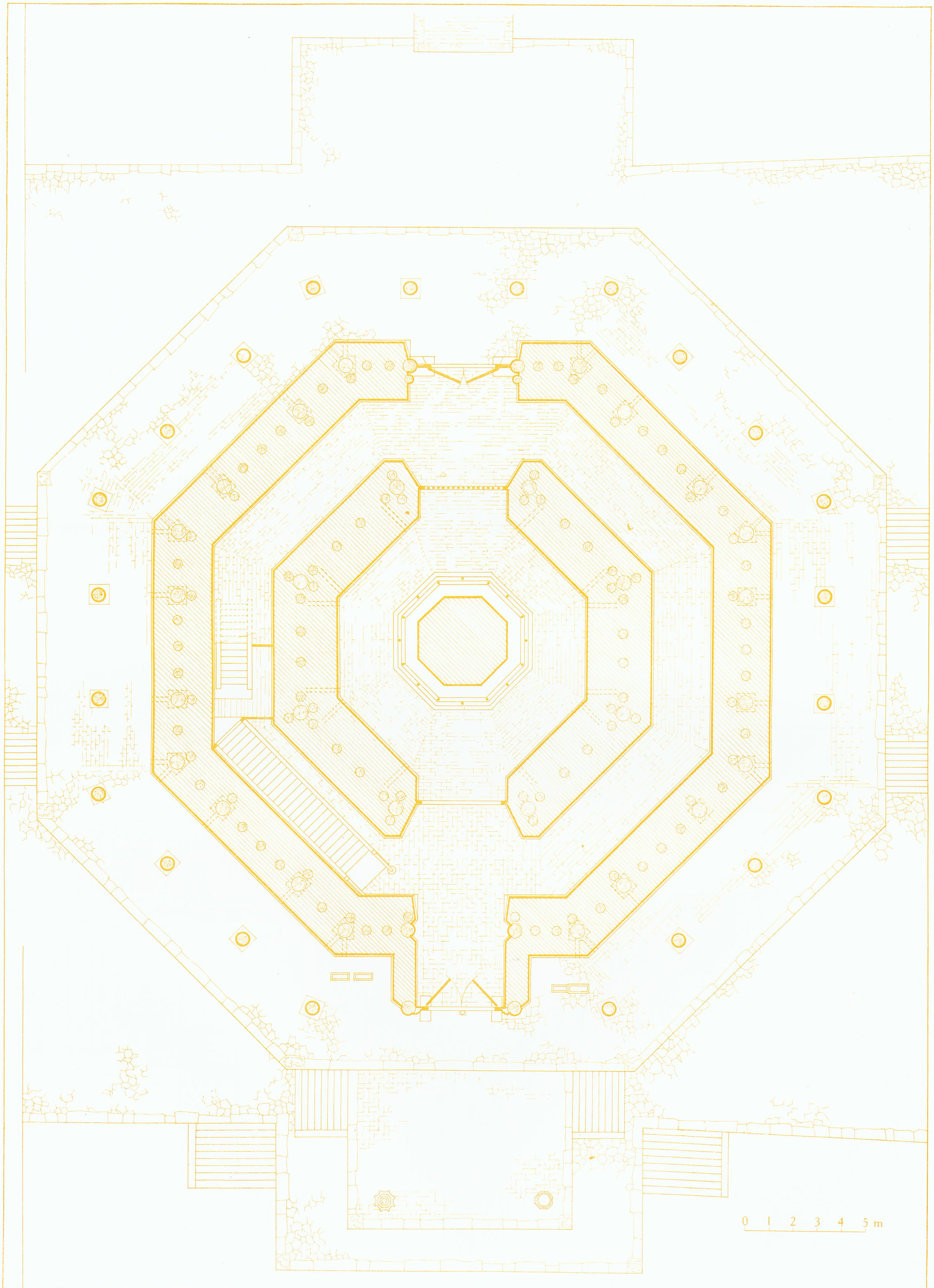
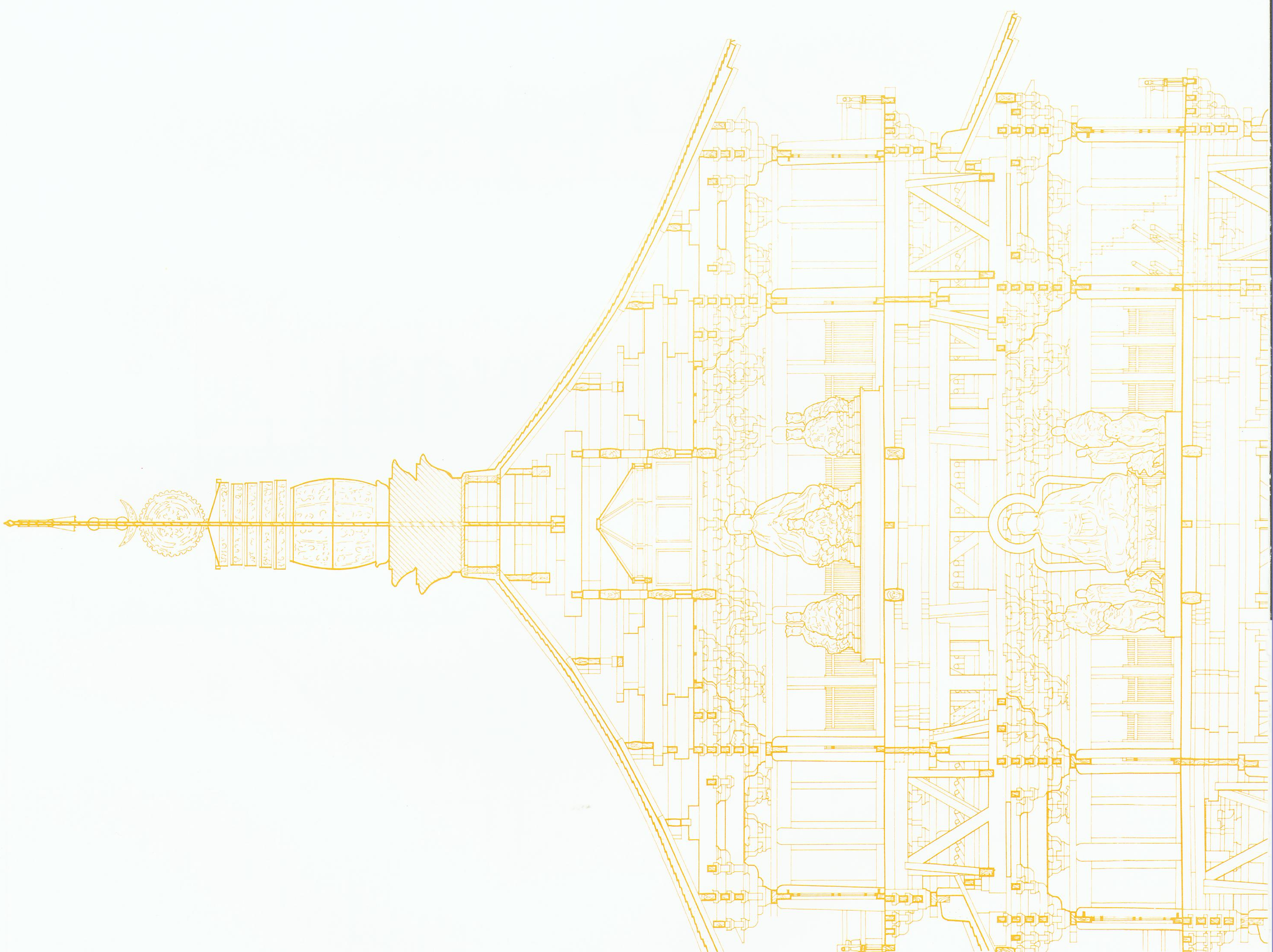


图5-4-19 山西应县佛宫寺释迦塔底层平面图



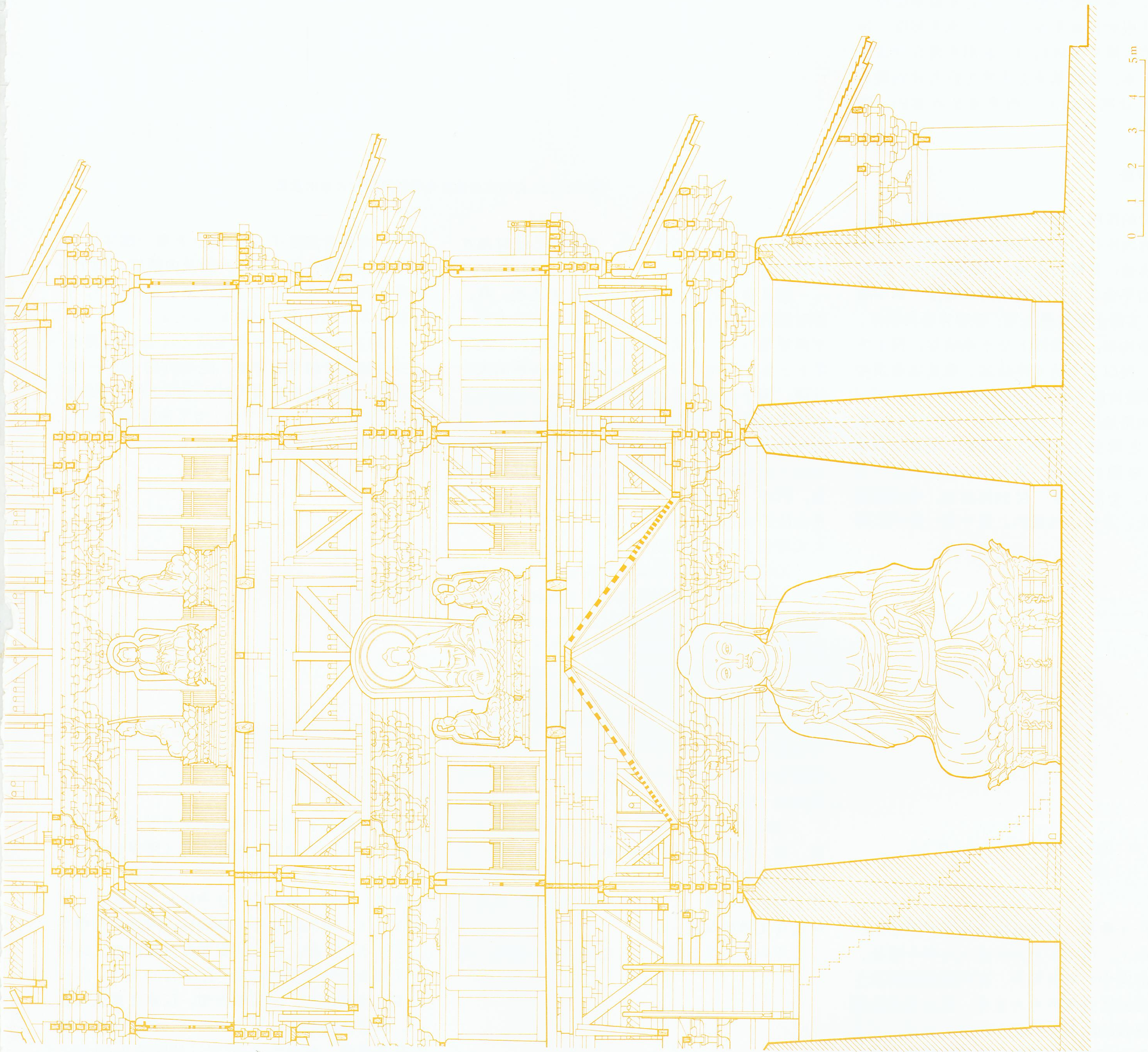


图5-4-20 山西应县佛宫寺释迦塔塔身结构断面图

陡，分为两层。下层基座为方形，边长约在40米左右，露明高2.30米(地面以下埋深尺寸不详)，四面各出月台；上层基座随塔身平面作八角形，高2.10米，直径35.47米，南、东、西三面各出月台，设踏道。整个基座体积相当巨大，在设计时，是经过一番周密考虑的。据近年勘测数据，塔身头层柱根的标高基本上在同一水平高度，标志着木塔的沉降率比较均匀，表明木塔自建成以来，将近千年，塔的基座迄未发生折沉或倾斜等不良现象，证明基础的工程质量是可靠的（图5－4－19)。

（2）塔身

①塔身的柱网，采用内外两环柱的布局方式。五个明层的内环柱以内为内槽，具有高敞的空间，以利供奉佛像；外槽为走廊；外环柱之外，复有平坐构成的平台走道。全塔结构共九层，其中有四个暗层。实际上是重叠九层，每层为各具梁柱、斗栱的完整构架：底层以上是平座暗层，再上为第二层；二层以上又是平座暗层。重复以至顶层为止。全部结构逐层分别制作安装(图5－4－20)。每层柱脚均用地栿，柱头用阑额，普拍枋，内外两环柱头之间复用枋木斗栱相联，使每一层结合成一个坚固的整体，具有很大的稳定性（图5－4－21)。全塔由第二层到第四层，每层的高度（包括柱、斗栱、屋檐和上层平座）基本上都相等。

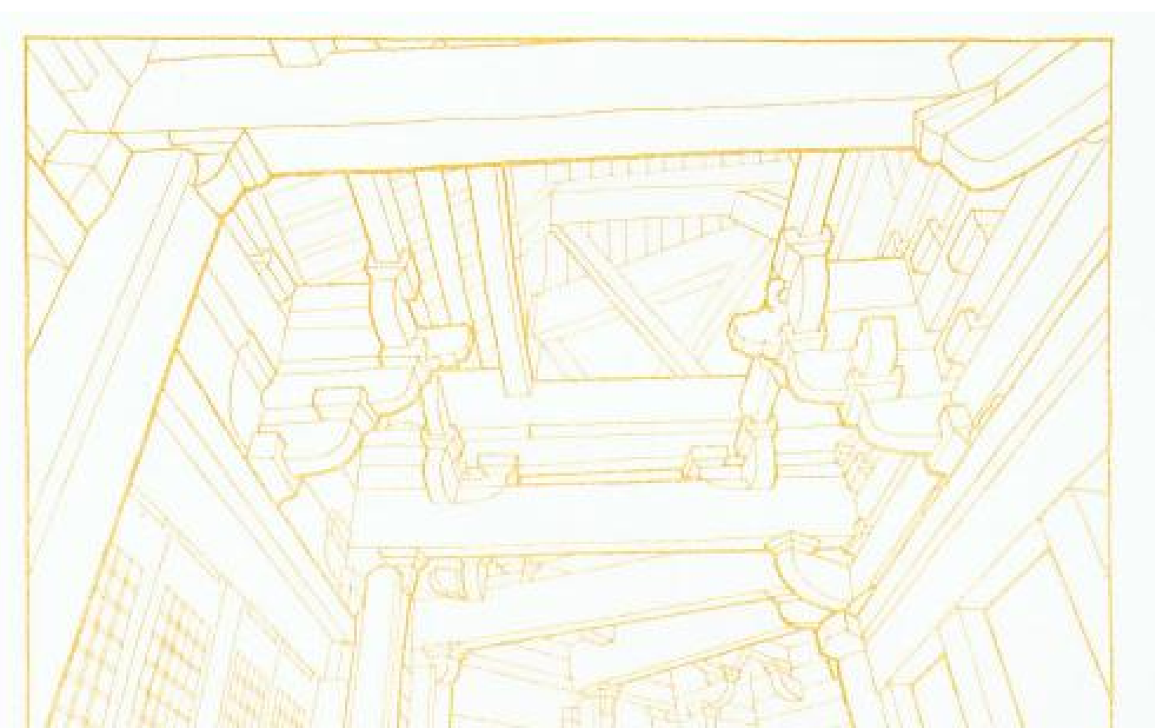


图5-4-21 山西应县佛宫寺释迦塔外槽结构示意图（第四层）

各层柱子叠接：每层外柱与其下平座层柱位于同一轴线上，但比下层外柱退入约半个柱径。各层柱子都向中心略有倾斜，有明显的侧脚和生起，平座层的柱身侧脚尤为显著；因之构成这塔各层向内递收的轮廓。从整个造型上来看，下大上小，使整个塔身的质量重心具有很明显的稳定感，在立面上构成有韵律的构图。

②释迦塔的构造原则，与佛光寺大殿、独乐寺观音阁和下华严寺薄伽教藏殿大体相同，同属于殿堂结构体系。柱网和构件组合采用环列的内外槽制度。在功能上，内槽供佛；外槽为人流活动的空间。在结构上，外槽和屋顶使用明栿、草栿两套构件。作为多层建筑，各层间均设有暗层，以为容纳平座结构和各层屋檐所需的空间。各层上下柱不直接贯通，而是上层柱插在下层柱头斗

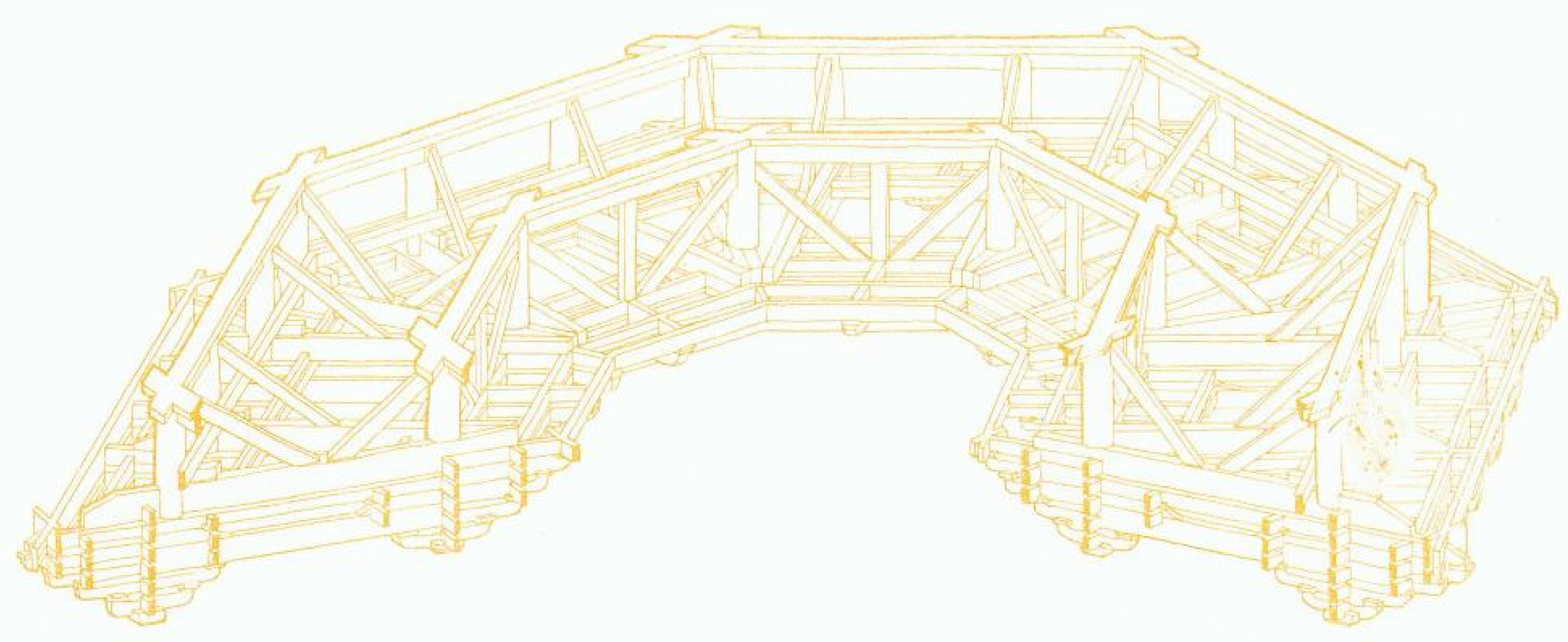


图5-4-22 山西应县佛宫寺释迦塔结构体系示意图

栱中的“叉柱造”。所有这些，都是唐、辽时期木构建筑的传统做法。

③从全塔的结构来看，此塔比南北朝、隋、唐时期的木塔有很大改进。因为那时期的木塔，平面采用方形，结构的稳定主要依靠塔内中央贯穿上下各层的中心柱。而此塔虽仍保持楼阁式的外貌，但平面改用正八角形，不论从任何水平方向传来的外力，如巨大的风压力和地震波等，都会沿着径向和弦向作对称的传递，不会使塔身产生过大的扭曲或变形，因此，比方形平面更为稳定。同时，使用双层筒式的平面和结构，等于把中心柱扩大为内柱环，不但扩大了空间，而且还大大增强了塔的建筑刚度。

④特别值得注意的是，塔的五个明层和四个暗层中都有特殊的加固措施。为了抵制风力以及地震波的惯性推力,防止水平方向的位移和扭动，各层都使用了一些斜撑固定复梁。例如平座暗层结构，就是用斜撑和梁柱所组成的一道平行桁架式的圈梁（图5－4－22)。在这个圈梁的内环上，又叠置由四层枋子组成的一道井干式的圈梁。整个暗层实际是一个牢固的构架。在五层塔身中，间隔匀布了这样四道刚环，有效地加强了塔身的整体性（图5－4－23)。

1933年调查此塔时，见到二至五层楼的东、西、南、北四个正面明间，各装格子门四扇，次间及其他各面，内槽柱子之间，都有斜撑支棰，封上荆笆抹泥墙，以防止框架扭动变型，也是一种很有实效的加固方法。

此外，二至五层楼，各层平座的内槽柱，均

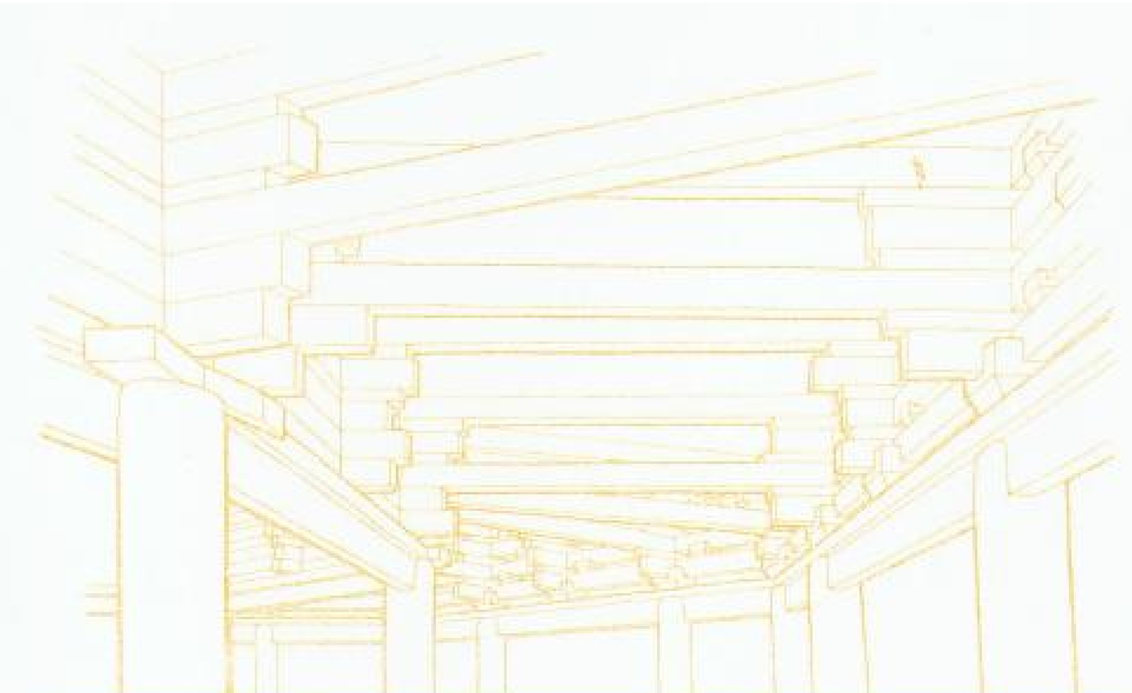


图5-4-23 山西应县佛宫寺释迦塔平座井干式结构示意图

于内外两侧附加柱子一条，顶立于第一跳华栱下。除第五层外檐柱处，所有外檐及内槽柱，均于内侧附加柱子一条，也是顶立于第一跳华栱下，柱子都是方柱截去四角（图5－4－24)。

1977年经文物保护研究所C_{14}实验室测定，这些附加柱子的木材年龄，距今约在930—980年之间，证明都是建塔同时所用的木料。据此推测，可能是大木安装施工后，为了加固保险起见，特意附加了这些柱子。

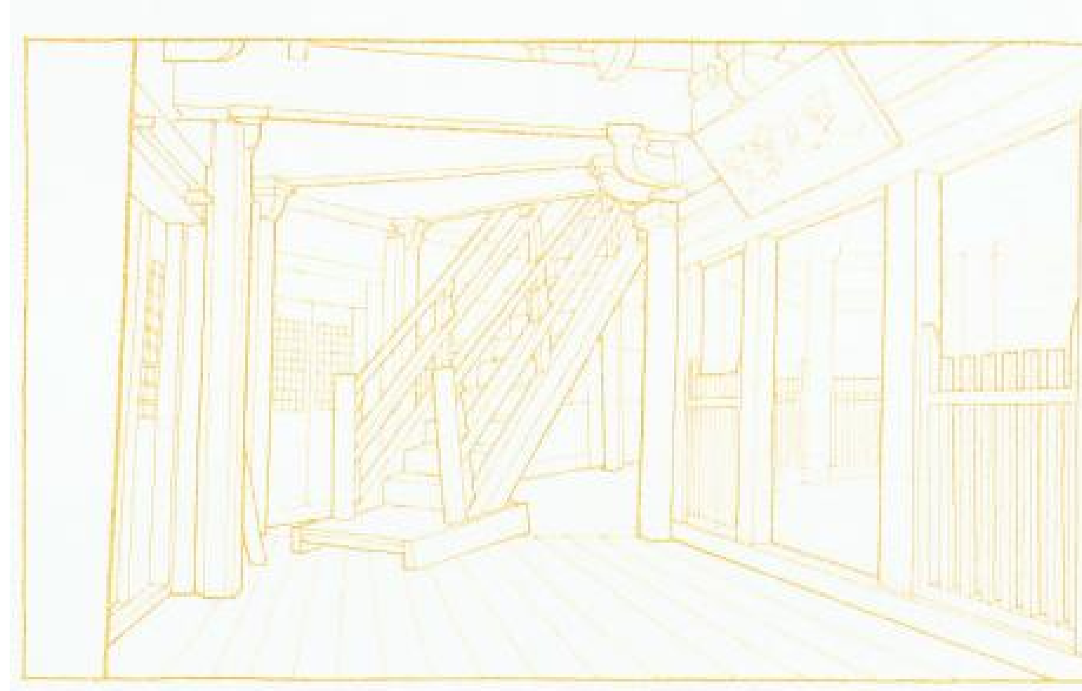


图5-4-24 山西应县佛宫寺释迦塔外环柱里侧附附加抱柱（第四层）

至于塔身底层的木骨架是承受压力最大的结构层，大木构件须有足够的刚度才能保证安全。当时的设计匠师基于这种考虑，采用顶柱子的办法来进行加固。做法是：在角柱和平柱的里外侧附加抱柱，每间阑额下附加间柱，内槽和外檐共支顶柱子102根。柱位的配置很有规律性。这些柱子都是略经加工的原木，直径约35厘米，高9米多，比例细长。内槽和外檐，仅南北两面装板门，其他六面俱用土墼包砌厚墙，把所有柱子都隐蔽在墙内。内墙厚2.86米，外墙厚2.60米。墙下砖砌隔减，高仅91厘米，俱用辽代沟纹条砖砌筑。隔减上面铺木枋一层，厚10厘米，以防潮湿，其上则垒砌土墼墙，墙体的做法与大同善化寺辽代大殿相同。经C_{14}测定表明，这些附加柱子的年龄为1,000年±70年。再结合墙体的建筑特征来判断，可以肯定这是在建塔的当时所采用的一种加固措施。从九百多年的考验效果来看，这种顶柱子、包厚墙的办法，对于加强底层框架的结构刚度，确实起了很大作用。

尽管木塔选用的木料都是当时质量较高的落叶松，但因塔身自重过大，经历千年自然影响，有一些木构件因断面尺寸不足和材料强度衰减，不胜负荷，产生了不同程度的破损情况；例如木塔各层的普拍枋被压劈裂，乳栿和阑额被压弯，弱点就暴露得十分清楚。

⑤材、栔与斗栱。释迦塔从顶层的建筑规模来讲，相当于一座五间十椽的殿堂建筑，同时又是一座结构复杂的高层木构建筑，因此进行结构设计时，究竟选用多大的材分等第才与木塔的规模相称，这是需要慎重考虑的问题。

释迦塔用材的标准断面为25.5×17厘米(7.74×5.16寸)，材广厚比为3∶2。但木材年久干缩，必较原尺寸缩小，以宋尺衡之，相当于《营造法式》大木作制度规定的第二等材；栔高11厘米（合6.5分材)，大于宋式材、栔比例；足材为36.5厘米；与大同善化寺辽代大殿用材标准(26×17厘米）相同。善化寺大殿为七间十椽，两相比较，木塔采用二等材是比较经济合理的。试举几种主要构件用材为例：各层柱径大小不一，51—63厘米，由上至下，柱径逐层加大，大致以两材至两材一栔为标准；普拍枋32×17厘米，以厚为广，阑额36×17厘米，均约为一足材；乳栿高51—47厘米，草乳栿高48—44厘米，大致合两材至一材两栔；六椽栿：二、三层平座者65×40厘米，四层平座者60×32厘米，五层平座者52×30厘米，即约合两材一栔至两材。根据部位和负荷情况的不同，用材有大小之别。

⑥全塔使用了五十四种斗栱，充分显示了斗栱在楼阁结构体系中的重要性及其在应用上的灵活性。在一个建筑上，集中地使用了如此多种的斗栱，为研究斗栱在建筑结构中的作用，提供了十分可贵的实物例证。

全塔计六层屋檐、四层平座，所用铺作互有异同。变化最多的是外檐斗栱。以外檐柱头铺作为例：

(1)副阶用五铺作，内外各出双抄；

(2)第一、二层檐，外转七铺作出双抄双下昂，里转五铺作出双抄；

(3)第三层檐，外转六铺作出三抄，里转五铺作出双抄；

(4)第四层檐，内外转俱五铺作出双抄；

(5)第五层檐，内外转俱四铺作出单抄。

可以看出，由下至上，各层铺作的出跳制度采用逐层递减的做法，使各层屋檐的深度和坡度构成有规则的变化，塔身因而获得了优美的总体轮廓线，这是当时的设计匠师经过周密考虑的。平座部分：二至四层皆平出三卷头，五层平出二卷头。挑出深度约在1.24米左右，惟出头木外端不施雁翅板，是其特点。

从结构上来分析，一般是里转出两跳，第一跳偷心，第二跳上用栱枋一缝。外转出四跳，隔跳偷心，第二、四跳上各用栱枋一缝。平座外转用计心。出跳的作用，在外檐是用来悬挑出檐，在内外槽是悬跳平闇藻井。跳上横向栱枋主要是加强横向的结合。同时，凡转角铺作皆广泛使用斜栱，因此具有较好的刚度。

从用料上来分析。一般栱枋用单材，铺作外檐出跳，因承受檐部悬跳作用，故华栱、角华栱、下昂、角昂等都用足材。由于上层平座柱子叉立在草乳栿上，而上一层塔身柱子又叉立在平座柱头铺作上，使塔身铺作结构直接承受上面平座及上层塔身的重量，显示了斗栱在木构架中所具有的重要作用。乳栿和草乳栿在各个结构层中都起着简支梁的作用，不同于平座铺作的联系内外枋子，因而用料特大（50×30厘米)。

总之，从斗栱的用材情况来看，由于材料规格自身有差异，在具体施工时则量材施用，以较大材料用于重要位置，以较小材料用于次要位置，用料比较经济合理。同时，并不拘泥于既定规格，凡遇栱枋高度不齐时，即增减栔高以调整所产生的误差（亦即增减散斗的平、欹)，使工程质量获得了保证，在用料方面反映了一定程度的灵活性。

(3)塔刹

塔刹的结构是以一根10厘米见方的铁刹柱为骨干，刹柱全长14.21米，下端由放在平梁上的两条枋木夹持固定，中部长1.86米，砌筑于砖刹座中，上部伸出于塔顶上，长9.91米。

第五节　宋代木结构

宋代在建筑技术发展中占着重要地位的是：元符三年（1100年)《营造法式》这部建筑法规的颁布。它对我国古代长期的建筑实践做了比较全面的技术总结，尤其是木结构中模数制的确定，对此后的建筑实践影响深远。从许多古建调查证明，隋唐时期木构建筑中以“材”为标准单位的模数制虽然已经形成，斗栱构件的材栔比例的运用已十分成熟，而《营造法式》中对材栔的运用范围更加广泛。这样更便于设计施工的提高，有利于大规模的建筑实践。

宋代木结构建筑中的木构架的式样，就今日所见，重要建筑多属于梁柱式结构系统的殿堂式和厅堂式。较隋唐时期又有许多改进。建筑造型，

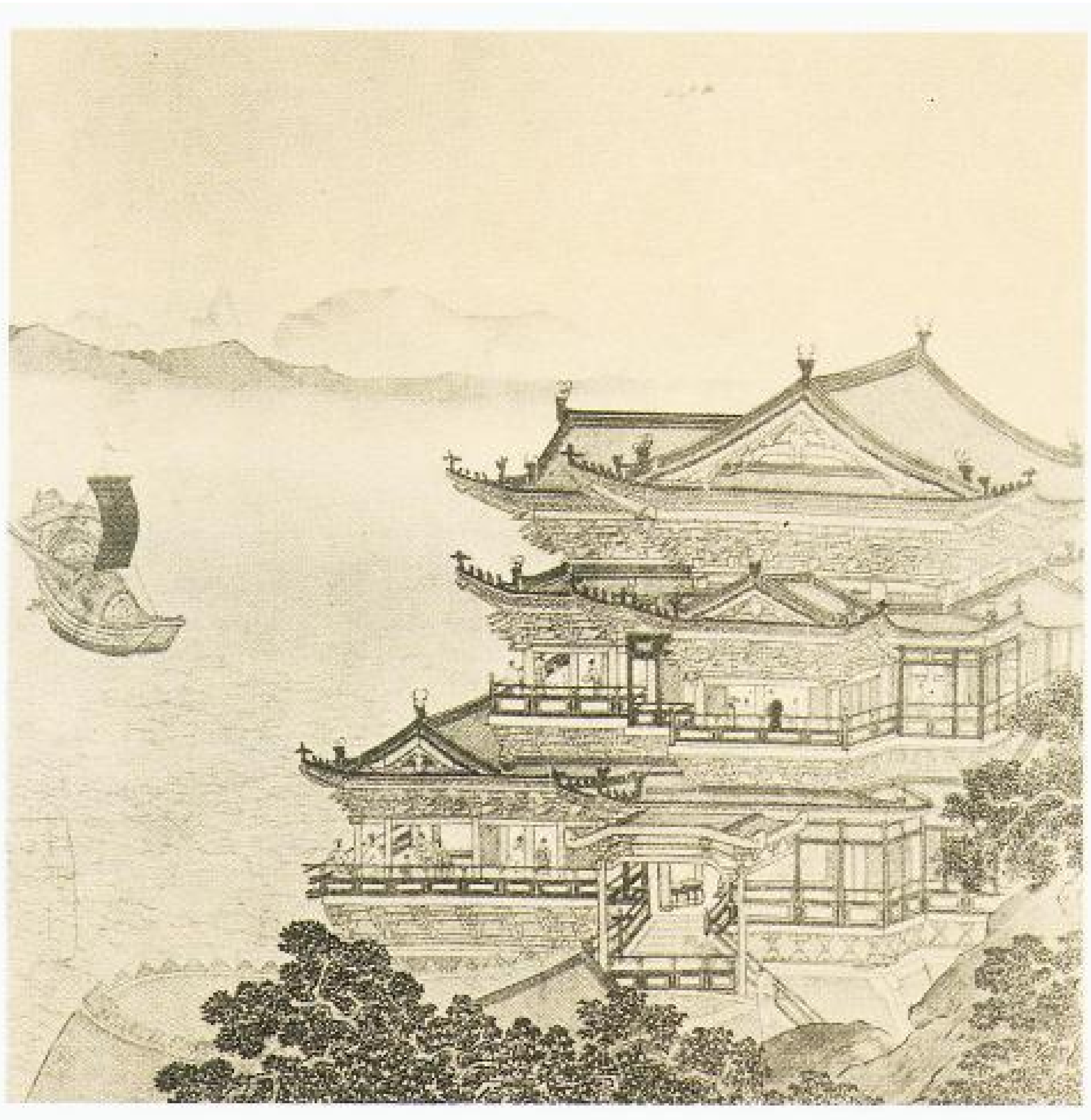


图5-5-1　宋画《滕王阁》

较之唐代更富于变化。如楼阁建筑中的十字歇山屋顶，正面或侧面加抱厦的设计，配以各种菱花槅扇，色彩绚丽的彩画，使得建筑物的整体造型更加优美。直到南宋末期“柔和绚丽”的建筑风格。已成为宋代建筑造型的显著特征（图5-5-1)。

一　平面柱网布置的改进

宋代建筑的单体平面中，大型建筑多为长方形，小型建筑则多为方形。柱网的布置，较隋唐时期发生了一些变化，有了一些改进。大体有以下两种形式：

(一)规整的柱网平面

隋唐时期的木结构建筑，平面柱网的布置，绝大多数都是纵横成行整齐划一。宋代重要建筑物仍继承此种手法。如，河北省正定县隆兴寺摩尼殿（1052年)，面阔七间，进深七间，四面出抱厦(图5-5-2)，重檐歇山屋顶。抱厦的歇山顶山面向前，造型华美。整体建筑除去抱厦、殿身由三层柱圈组成，内圈二层为上檐柱，外圈一层为下檐柱。

浙江省宁波市保国寺大殿（1013年)，面阔进深各三间，外圈柱十二根，内圈柱四根。《营造法式》卷三十大木作制度图样中所绘殿堂建筑平面图四幅，其中两幅，即“殿身七间，副阶周匝各两椽，身内金箱斗底槽”及“殿身七间、副阶周匝各两架椽，身内双槽”也属于此种类型。

唐代重要建筑大明宫含元殿，据发掘资料，它的正中九间，包括明间、次间都是等距5.29米。仅在最边缘的一间减为4.85米。进深各间皆为4.85米。现存实物中，唐佛光寺大殿（857年）面阔七间，正中五间也是等距5.04米，仅最边一间减为4.40米。宋代初期此种情况有了明显的改变。如山西省太原晋祠圣母殿(1023—1031年)，面阔七间，进深六间，明间4.98米，次间4.08米，梢间3.74米，尽间3.14米（图5-5-3)。《营造法式》卷四规定：“假如心间（明间）用一丈五尺，则次间用一丈之类”。说明当时此种方法已成定则。南宋时期更加普遍，如苏州玄妙观三清殿(1179年)，面阔九间，其开间尺寸也是从明间起逐渐减少。

此外各间开间的尺寸，明显的比唐代加大。如前所述含元殿明间仅为5.29米，河北正定隆兴寺大悲阁（宋代基址，971年）的明间宽达7.20米。开间加大说明宋代匠师对木材的力学性能较之前代有了更加深入的了解。

(二)不规整的柱网平面

大体上分为两种类型。

(1)减去前（或后）金柱的平面

现存宋代建筑实物中，半数以上都是面阔进

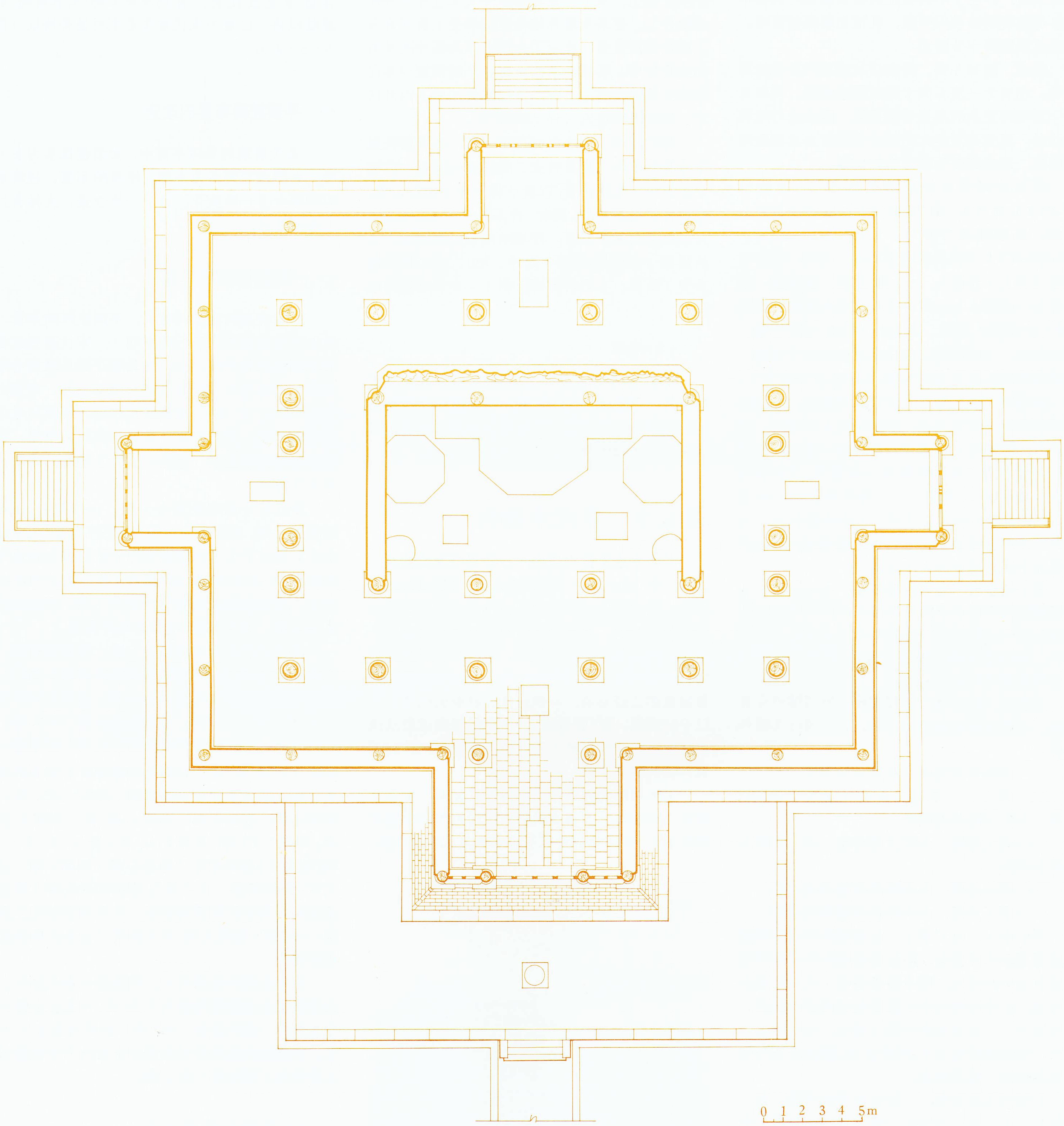


图5-5-2 （1）河北正定隆兴寺摩尼殿平面图


图5-5-2 （2）河北正定隆兴寺摩尼殿外观

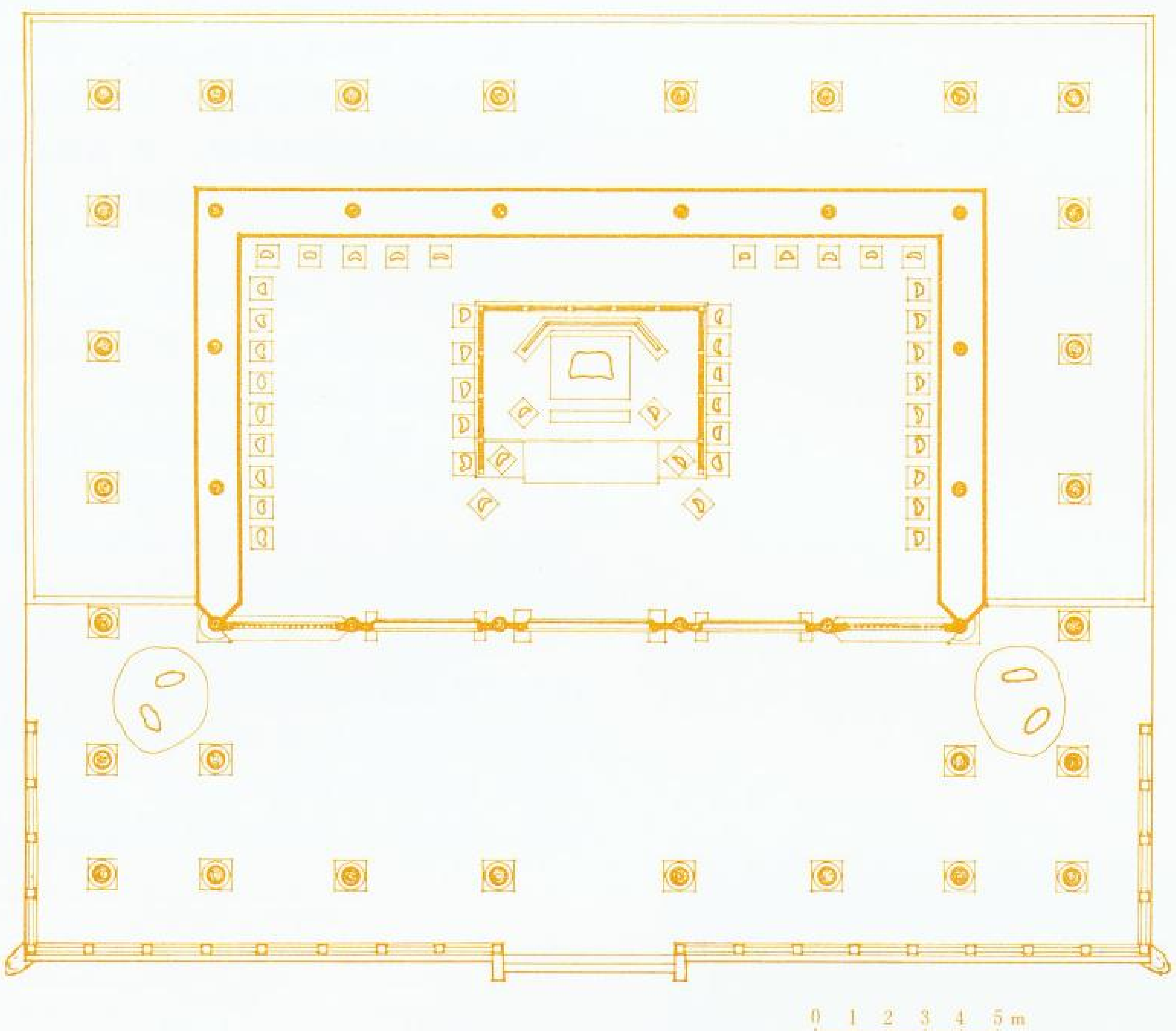
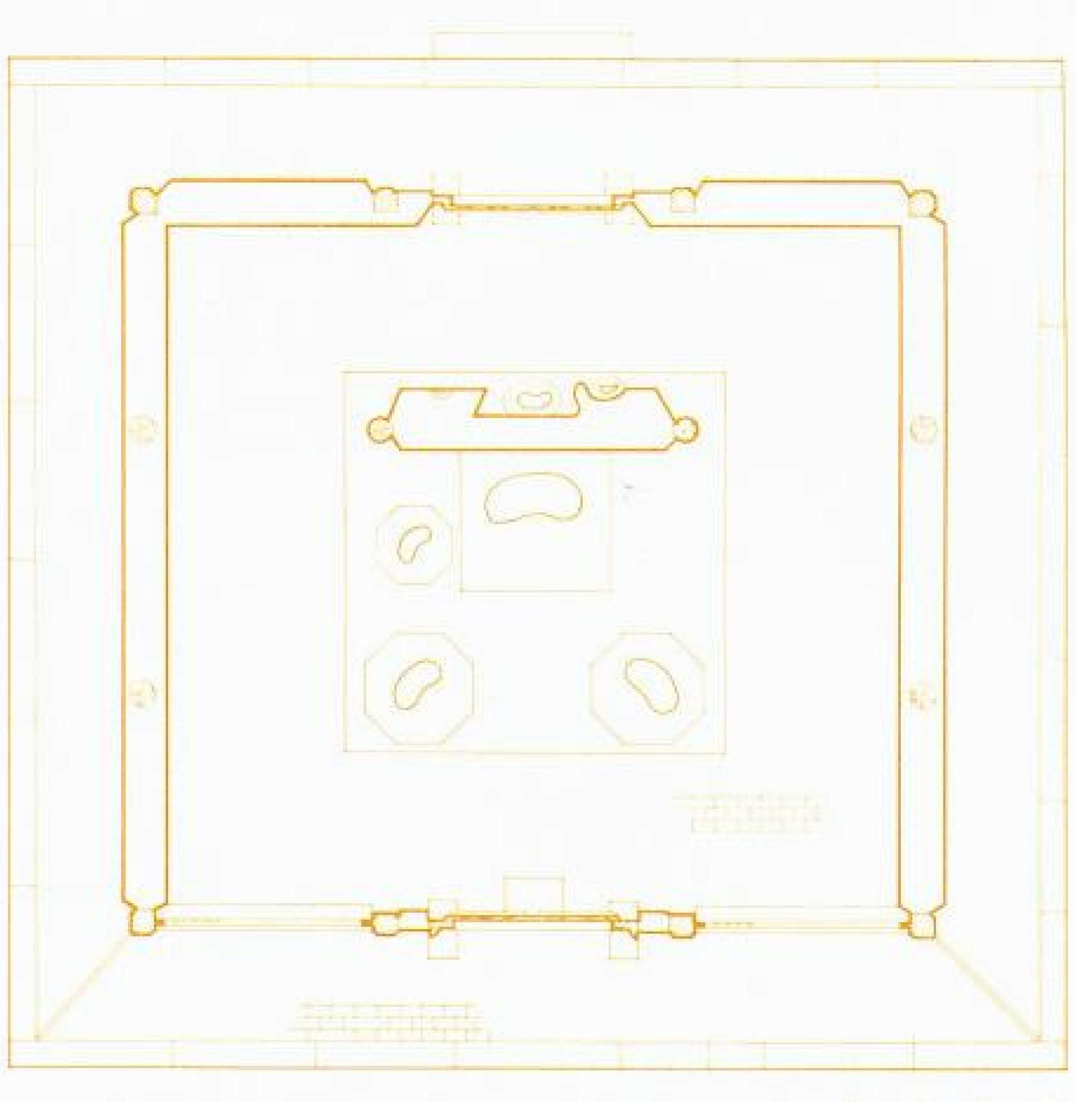


图5-5-3 太原晋祠圣母殿平面图


图5-5-4 山西晋城青莲寺大殿平面图

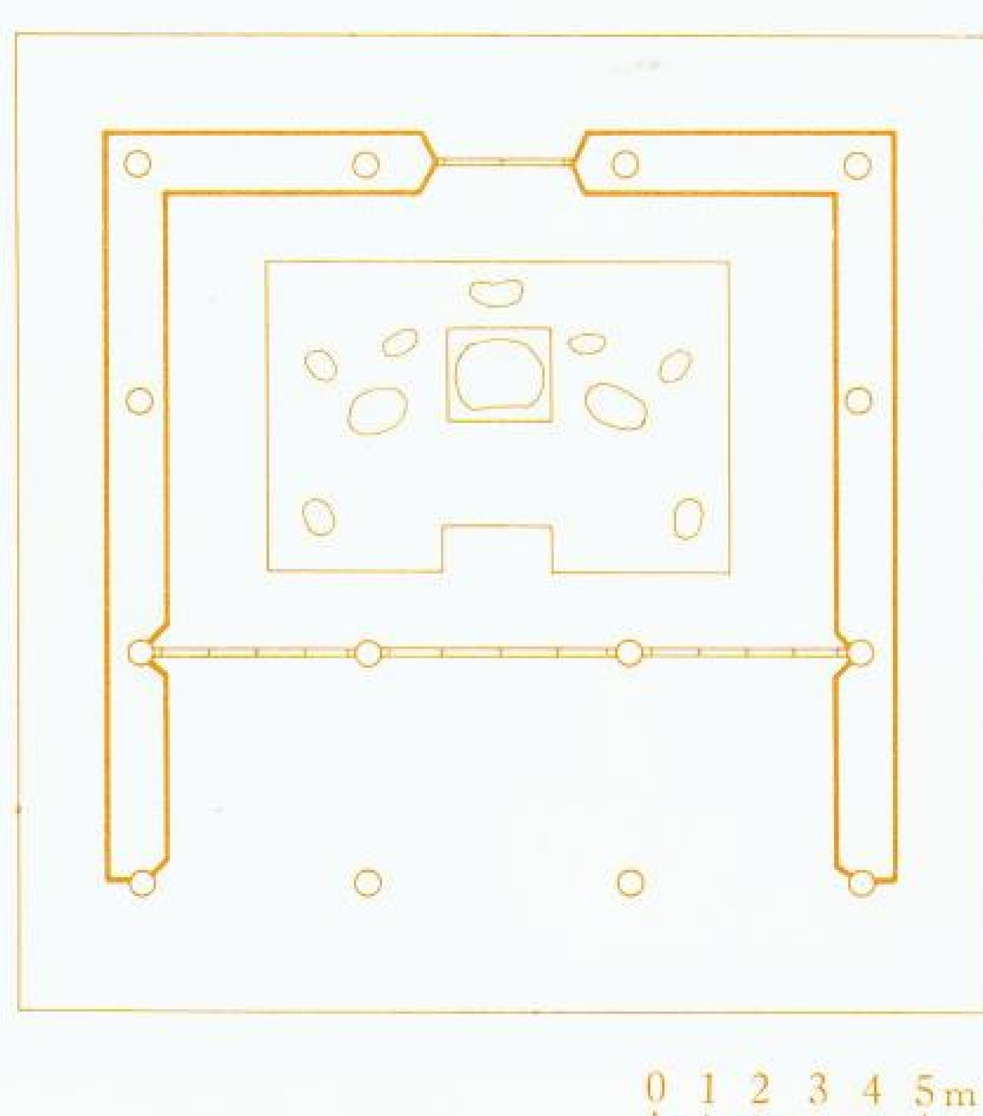


图5-5-5 山西榆次永寿寺雨花宫平面图

深各三间的小型建筑物，它们的平面柱网的布置，除周围十二根檐柱外，大多数减去前边的两根金柱，扩大了室内的使用空间，保留的后边两根金柱中间砌以扇面墙，使得殿内没有四面凌空的柱子，造成小殿内具有比较宽敞空间的效果。保留的柱子与周围檐柱仍是纵横成行。山西晋城青莲寺大殿（1089年），是此种类型的代表作（图5－5－4）。榆次永寿寺雨花宫（1008年），它的平面减去后金柱，有前廊，式样与前者稍异，在结构上同属此种类型（图5－5－5）。

晋祠圣母殿的前廊，四根老檐柱不直接落地（在梁架上用童柱立在大梁上），在平面上也呈减柱式样。

（2）移动金柱位置的平面

此种类型的平面，在宋代建筑中以河北省正定县隆兴寺转轮藏殿为最早（北宋中期）。它是一座面阔进深各三间的重楼建筑，底层平面中按照宗教的要求，放置了一座“转轮藏”（中置一个大木轴，可以转动）的放置佛经的大书橱，直径近7米，置于室内正中，转动起来与室内纵横成行按柱缝排列的四根金柱就要发生冲撞，为此，设计者将底层的四根金柱分别向外侧移动，后金柱移动较少，前金柱移动较多（图5－5－6）。

河南省登封县少林寺初祖庵大殿（1125年），面阔进深各三间，单檐歇山顶，殿内四根金柱，后边的两根由柱缝向后移动124厘米，扩大了佛台前的活动面积（图5－5－7）。

二　木构架技术的发展

（一）木构架的式样

宋代建筑由于平面和整体造型的变化，木构架的式样也随之多样化。1100年完成的《营造法式》一书，将当时的木构架分为三种大的类型，即殿堂式、厅堂式、柱梁作。书中卷三十绘有殿堂式木构架四幅，厅堂式木构架十八幅（其中十架椽屋五幅，八架椽屋六幅，六架椽屋三幅，四架椽屋四幅），柱梁作没有附图，据一些宋代绘画和原书中片段记载，仍可知其概略情况。

（1）殿堂式：

据《营造法式》附图所见都是属于大型建筑，进深八椽或十椽，整体构架由柱、斗栱层和梁架组成，主要特点是殿身的内外柱高度约略相等，施工时可按水平层安装或拆卸。现存实物中如隆兴寺摩尼殿、晋祠圣母殿都是此种类型的结构。

摩尼殿（图5－5－8）：进深八椽，木构架为“八架椽屋，前后乳栿用四柱，副阶周匝”。这座建筑物的设计者，将老檐柱间的墙身取消，改砌在周围廊的檐柱间，扩大了殿身的室内面积，故副阶周匝的形式不甚明显。殿身的木构架由两圈柱网组成，老檐柱高8.65米，内柱比老檐柱高起一个足材。老檐柱与内柱上斗栱虽然都是五铺作，但老檐柱上为单抄单昂，在乳栿下正心用柱

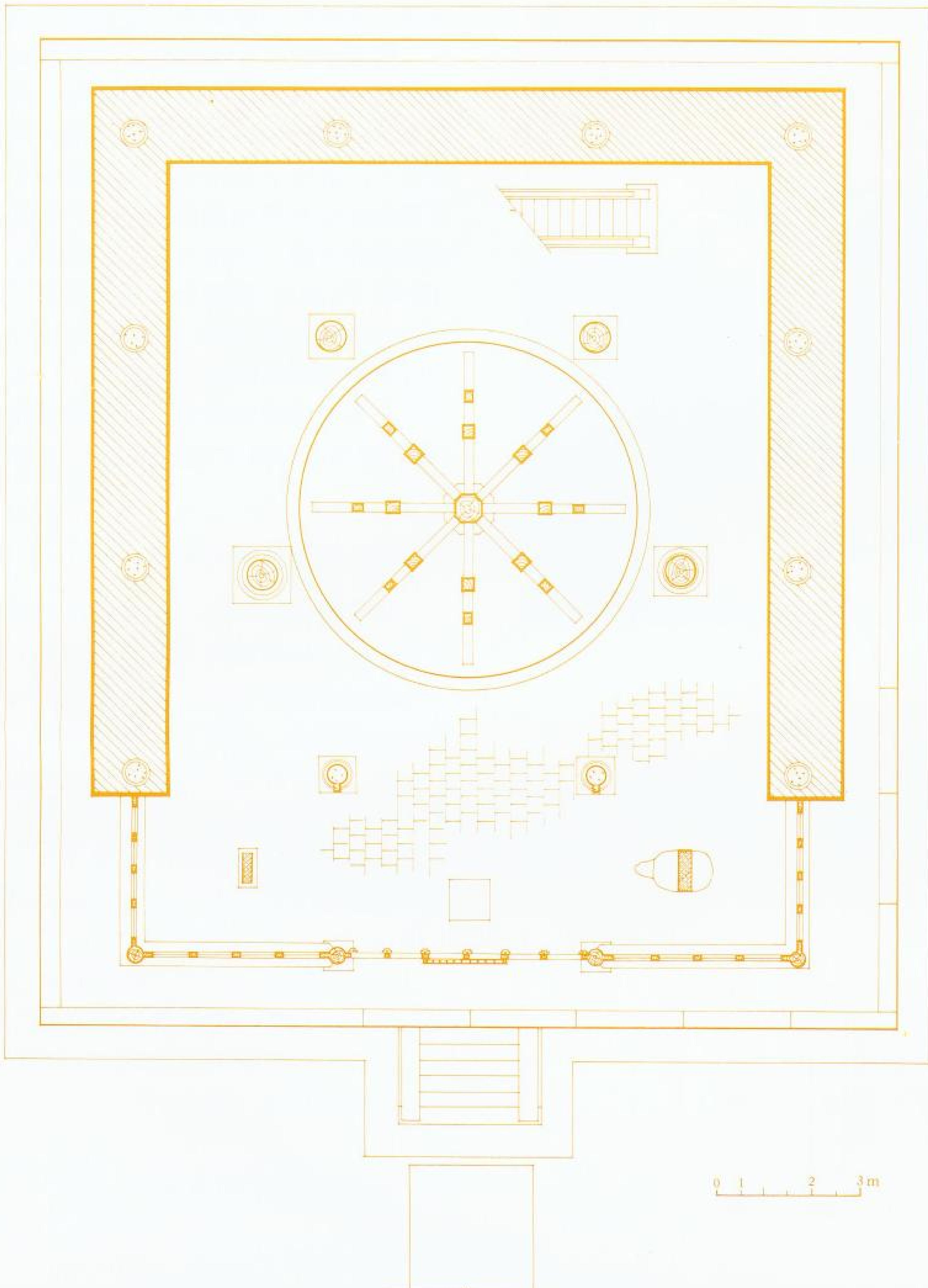


图5-5-6　河北正定隆兴寺转轮藏殿平面图

头枋三层，内柱上斗栱为双抄，乳栿下正心用柱头枋二层，自乳栿底皮计算，二圈柱子的高度应是一致的。如明间构架平梁下用四椽草栿，四椽明栿（图5－5－9）；两次间构架仅用四椽草栿，而且用两段或三段并接（图5－5－10）。下层檐构架，进深两檐，乳栿后尾插入老檐柱内，抱厦木构架中的脊檩、金檩都是靠紧殿身，不用榫卯联接。

晋祠圣母殿（图5－5－11）：殿身木构架为“八架椽屋，乳栿对六椽栿用三柱，副阶周匝”。内外柱等高，乳栿与六椽栿在内柱中线处对接，实际上是将八椽栿分为前后两段，副阶深两椽，乳栿、扎牵的后尾都插入老檐柱内。由于前廊老檐柱为不落地的“童柱”，故前檐的副阶梁架改用四椽栿，后尾直接插入内柱（图5－5－12）。

（2）厅堂式：

与殿堂式最明显的区别是：“屋内柱皆随举势定其短长”。即内柱比檐柱高出一步架或两步架。檐头的乳栿或扎牵后尾插入内柱，故施工中不能完全按水平层安装或拆卸。依《营造法式》分级，此种式样多用于一般中小型建筑。浙江宁波保国寺大殿属于此种类型。

保国寺大殿：面阔进深各三间，单檐歇山顶，木构架为“八架檐屋，前三檐栿后乳栿用四柱”。前内柱比檐柱高两步架直达平梁下，后内柱比檐高一步架，乳栿、扎牵后尾都插入内柱，外檐斗栱为七铺作双抄双下昂，昂尾斜上两步架。前檐施藻井，其余三面及内槽梁架露明，梁栿底部砍弯做成月梁形式（图5－5－13）。

敦煌石窟中，宋代初期建筑的几座窟檐，其梁架式样都是用通檐大梁（檐栿），室内不用金柱，依《营造法式》的分类，应属于厅堂结构。如第431号窟檐（图5－5－14），建于宋太平兴国五年（980年）。面阔三间，明间设板门、两次间

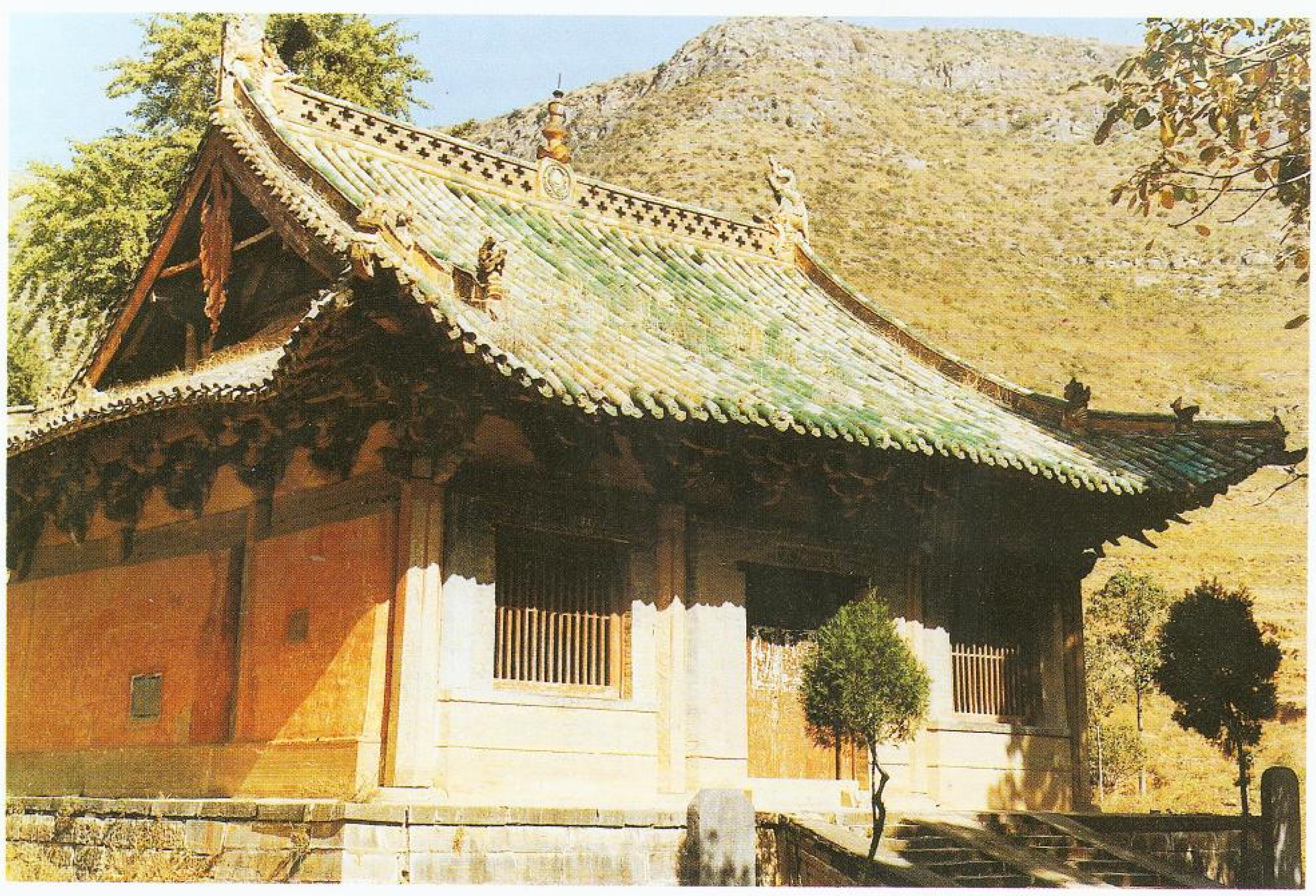


图5-5-7　（1）河南登封少林寺初祖庵外观

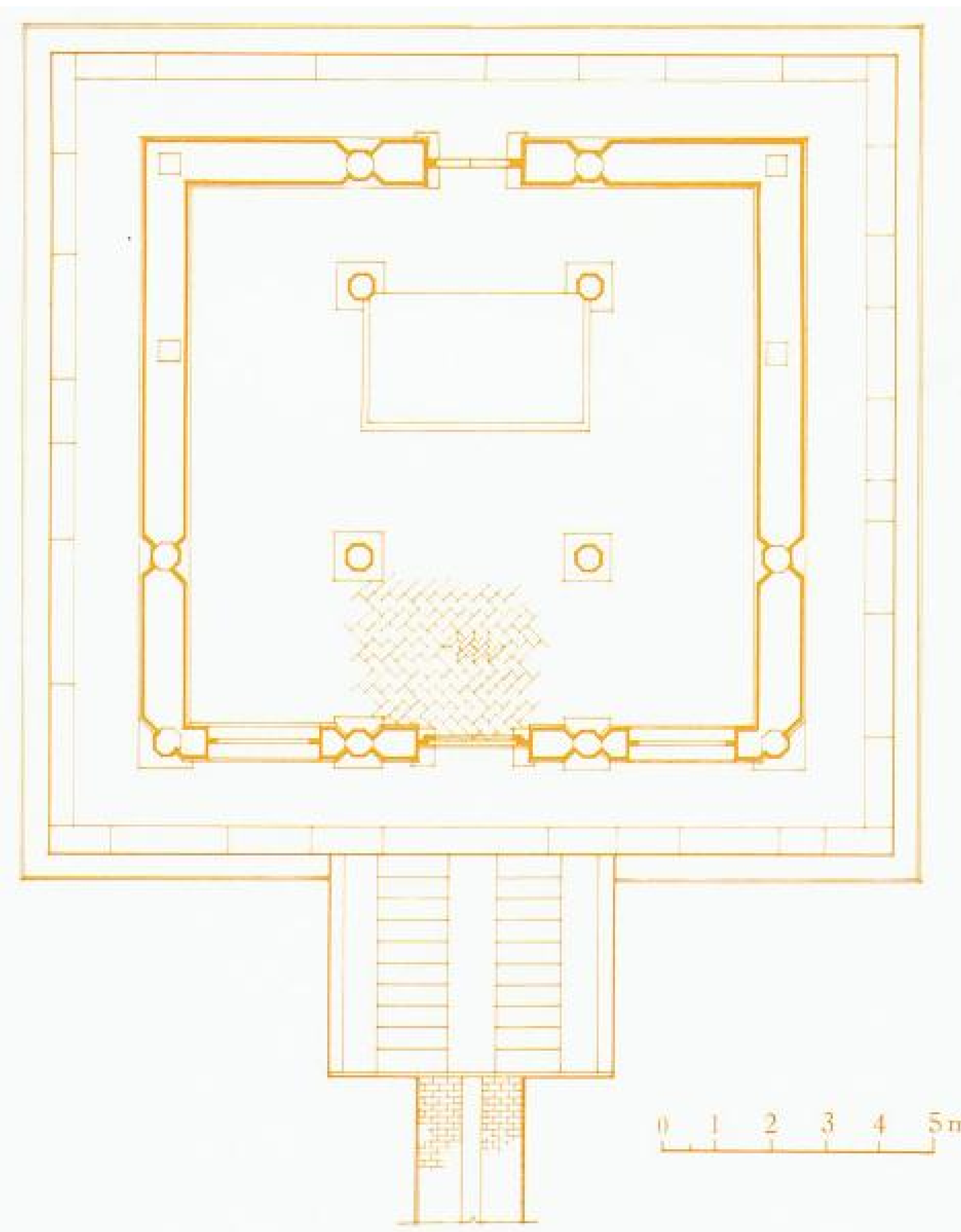


图5-5-7　（2）河南登封少林寺初祖庵大殿平面图

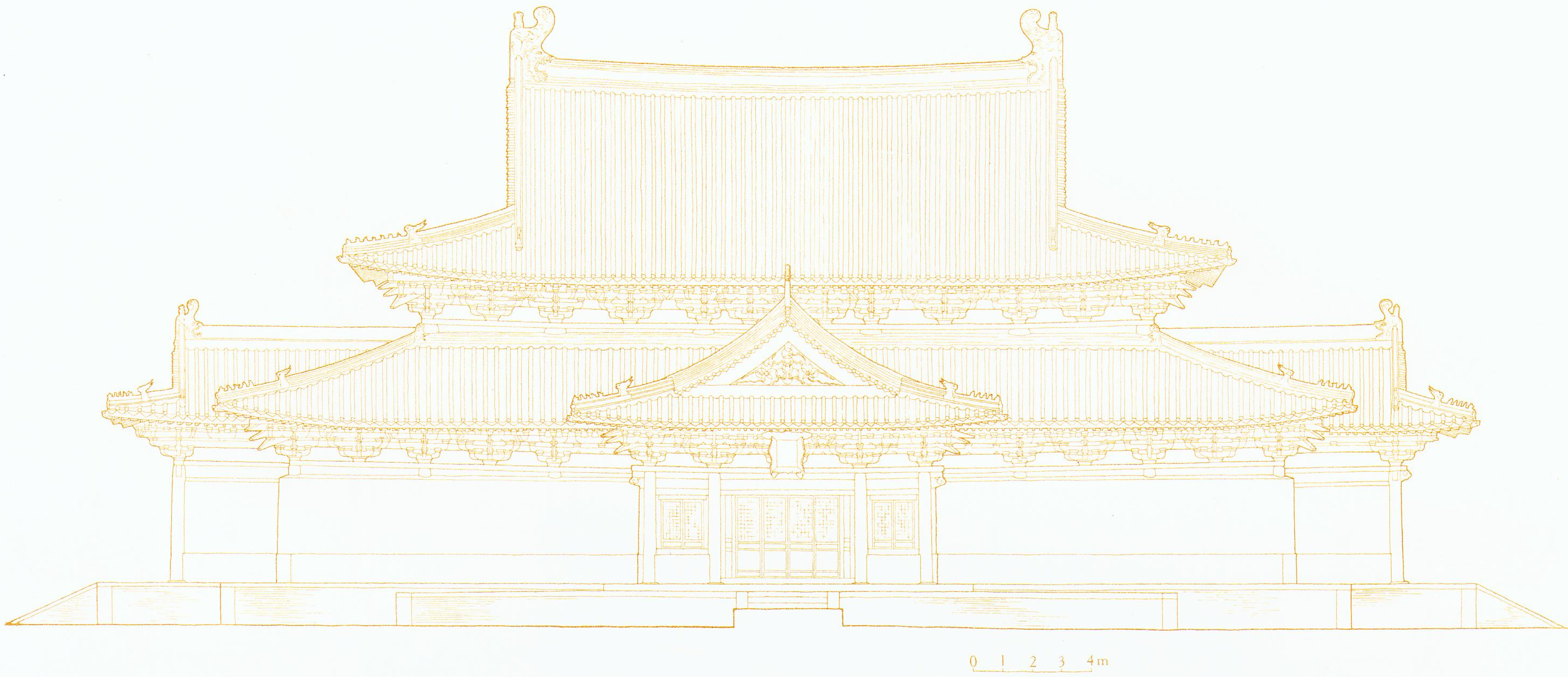


图5-5-8 河北正定隆兴寺摩尼殿正立面图

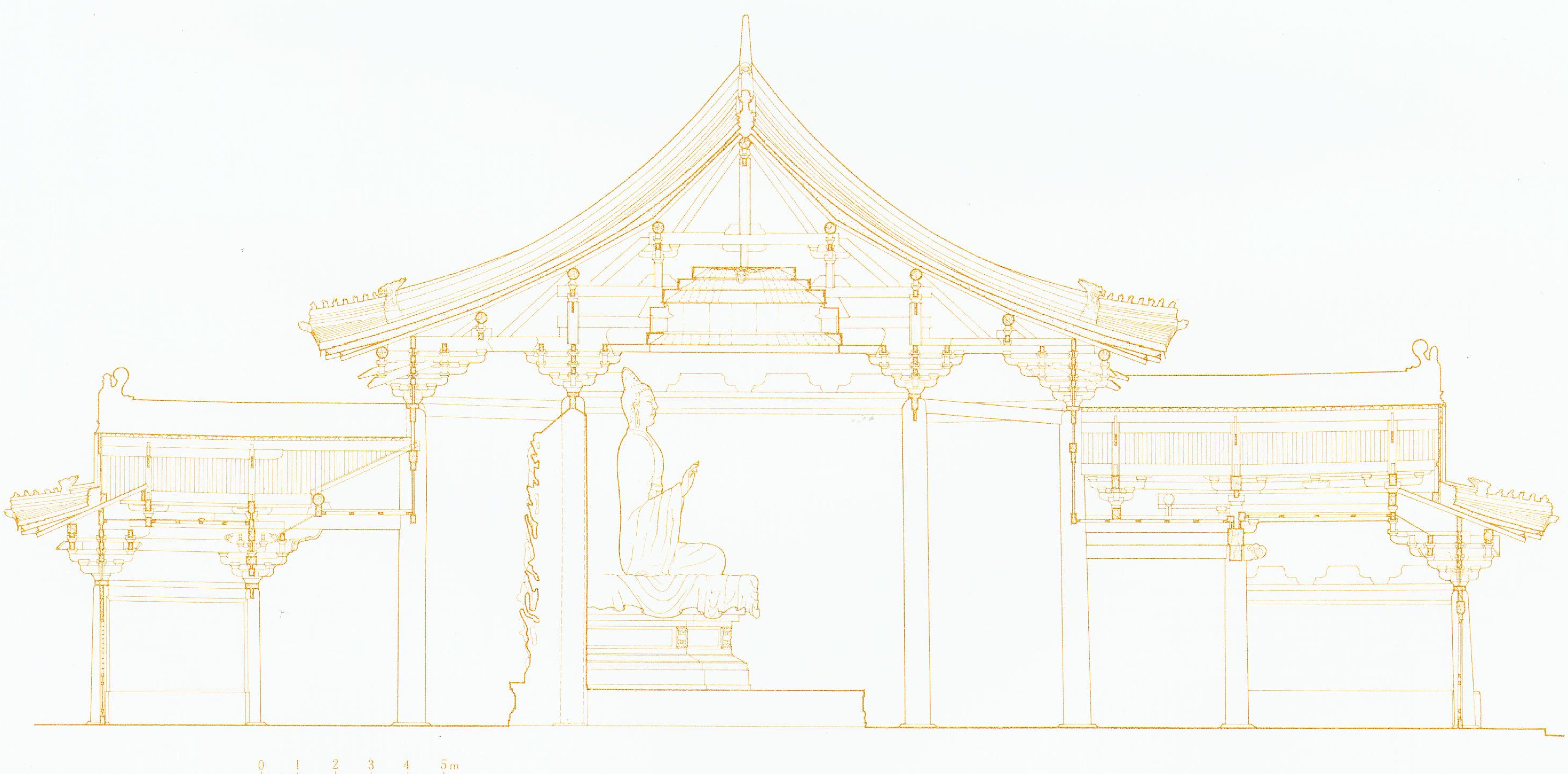


图5-5-9 河北正定隆兴寺摩尼殿明间横断面图

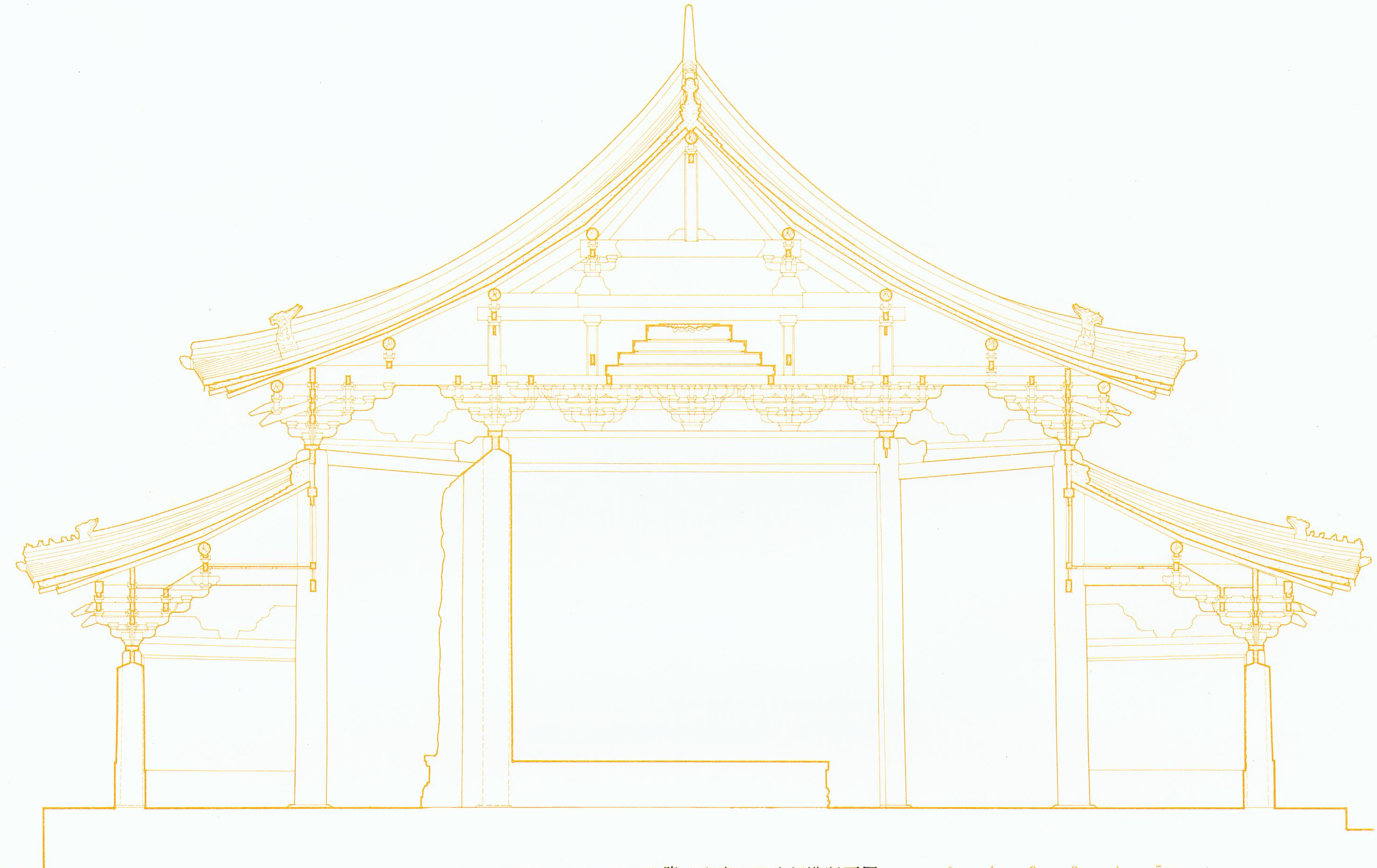


图5-5-10　河北正定隆兴寺摩尼殿次间横断面图　0 1 2 3 4 5m

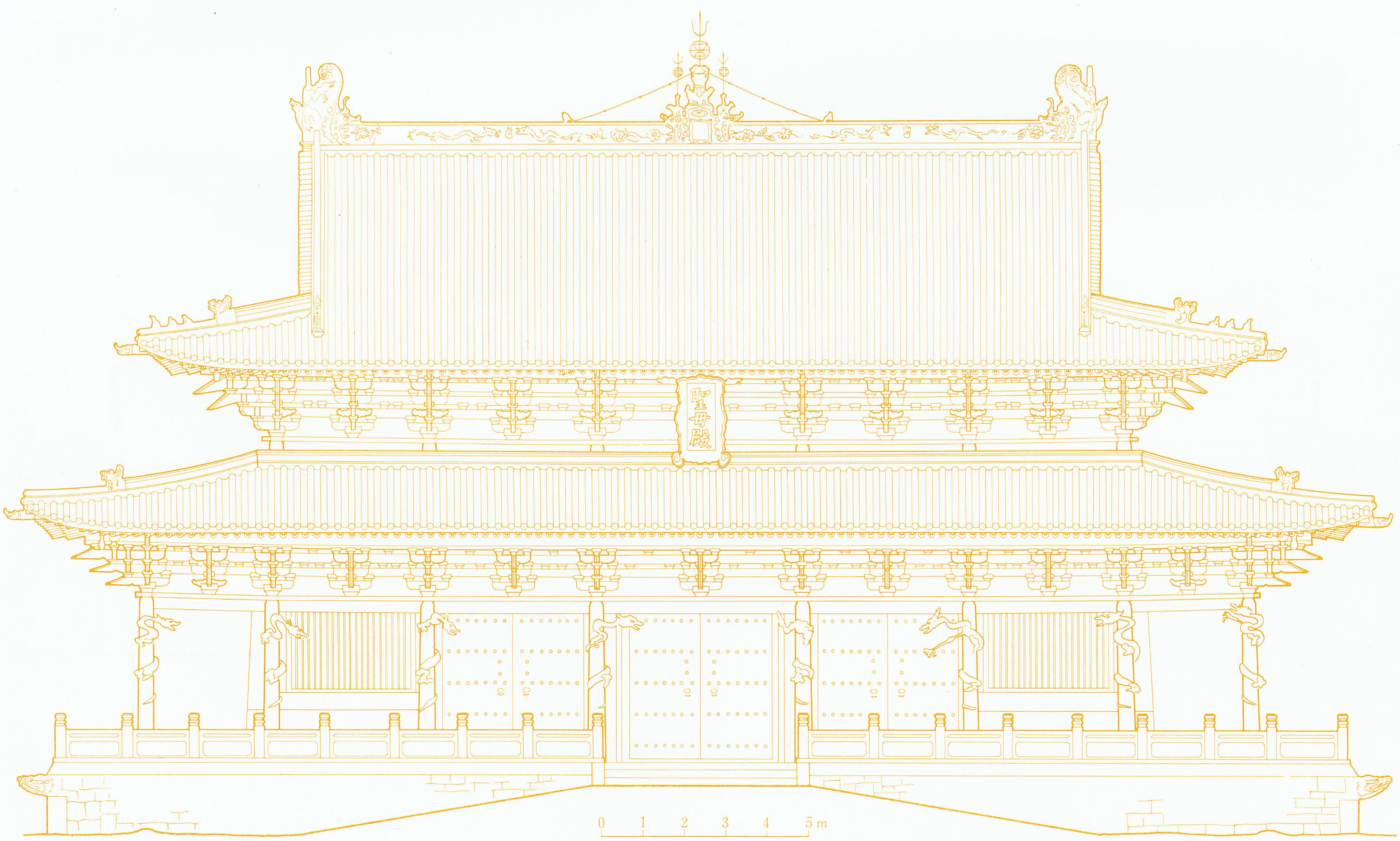


图5-5-11　山西太原晋祠圣母殿正立面图

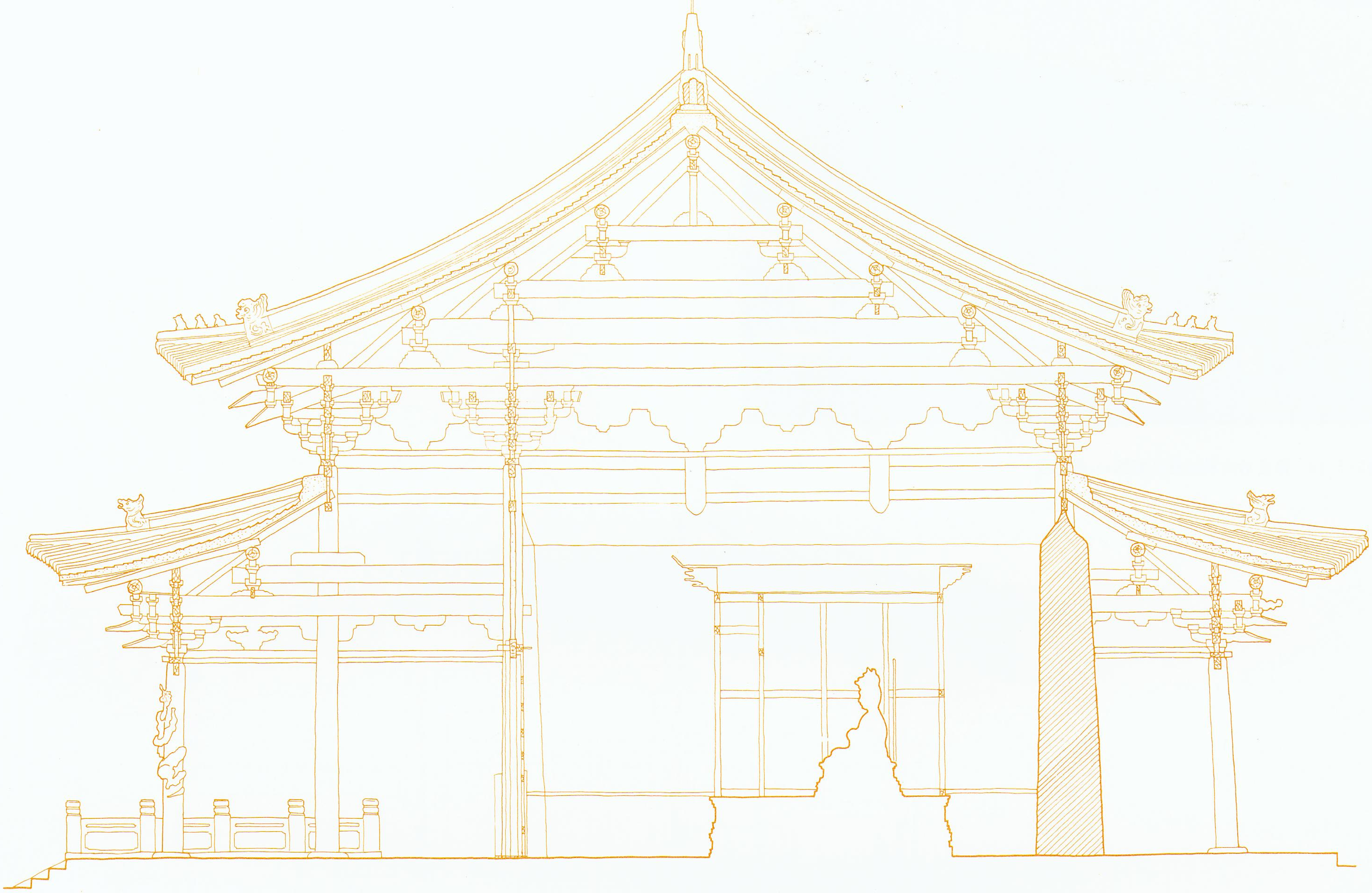


图5-5-12 太原晋祠圣母殿明间横断面图

0 1 2 3 4 5 m

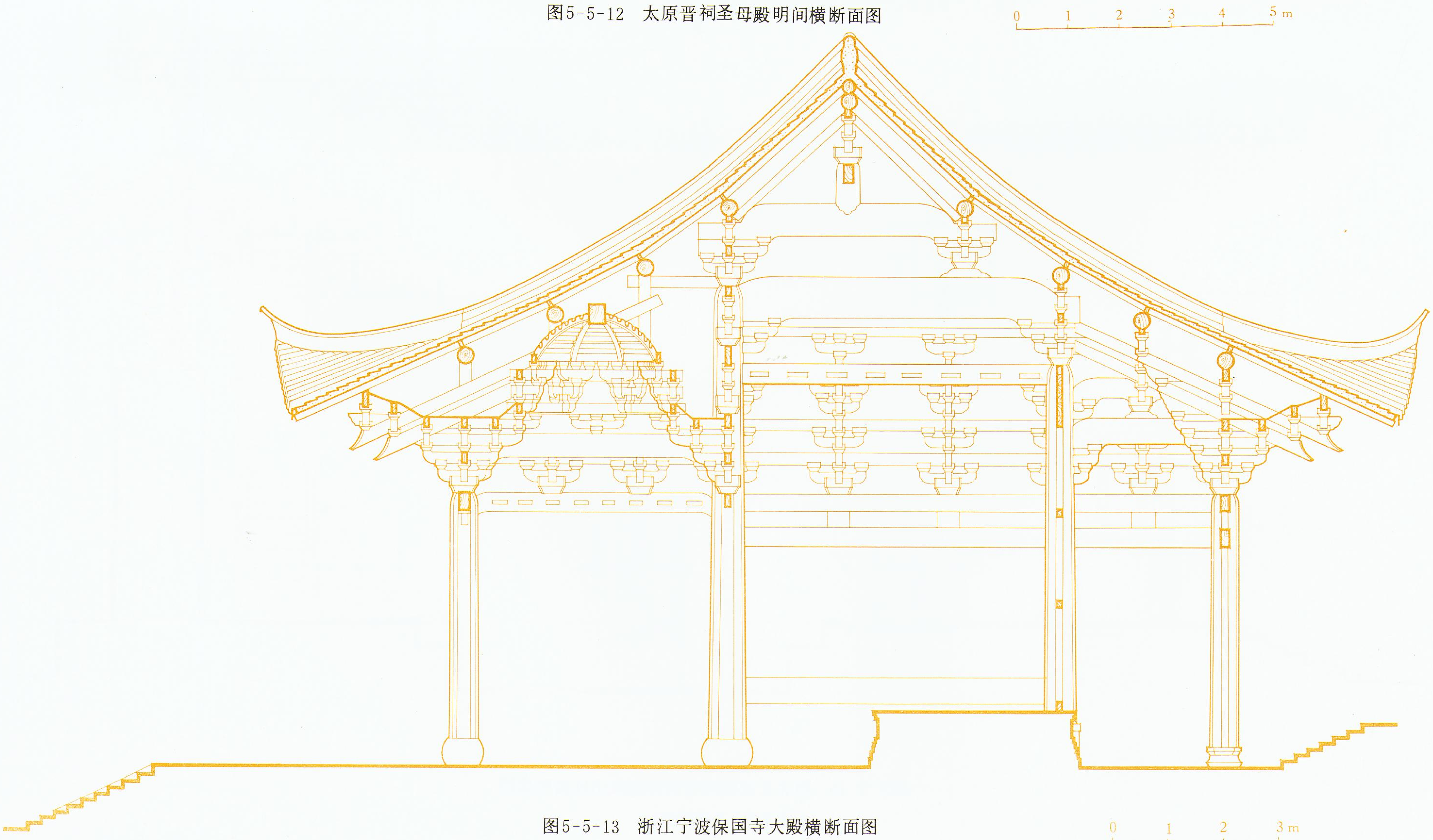


图5-5-13 浙江宁波保国寺大殿横断面图

0 1 2 3 m

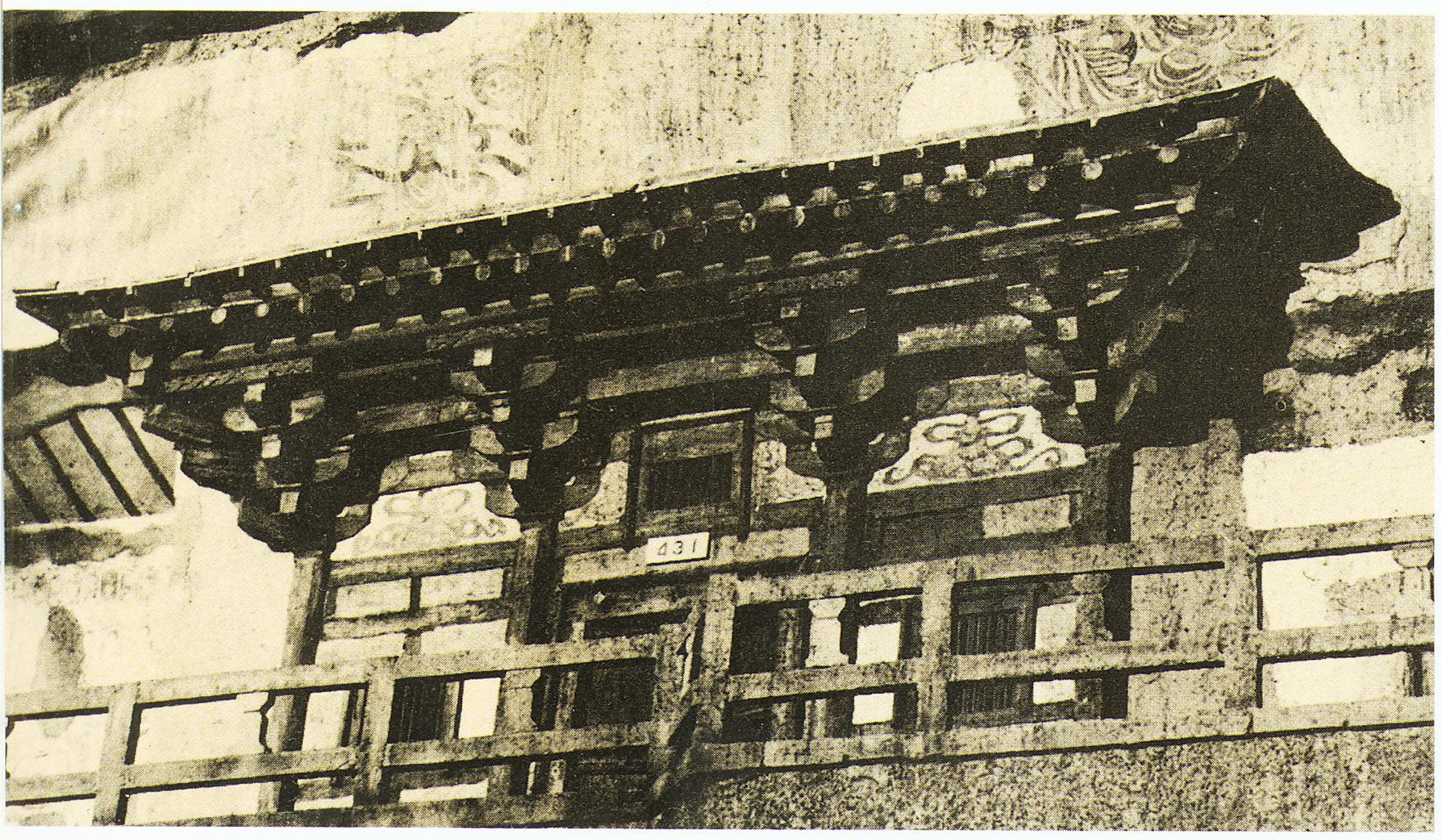


图5-5-14 修复后的敦煌莫高窟第431窟窟檐

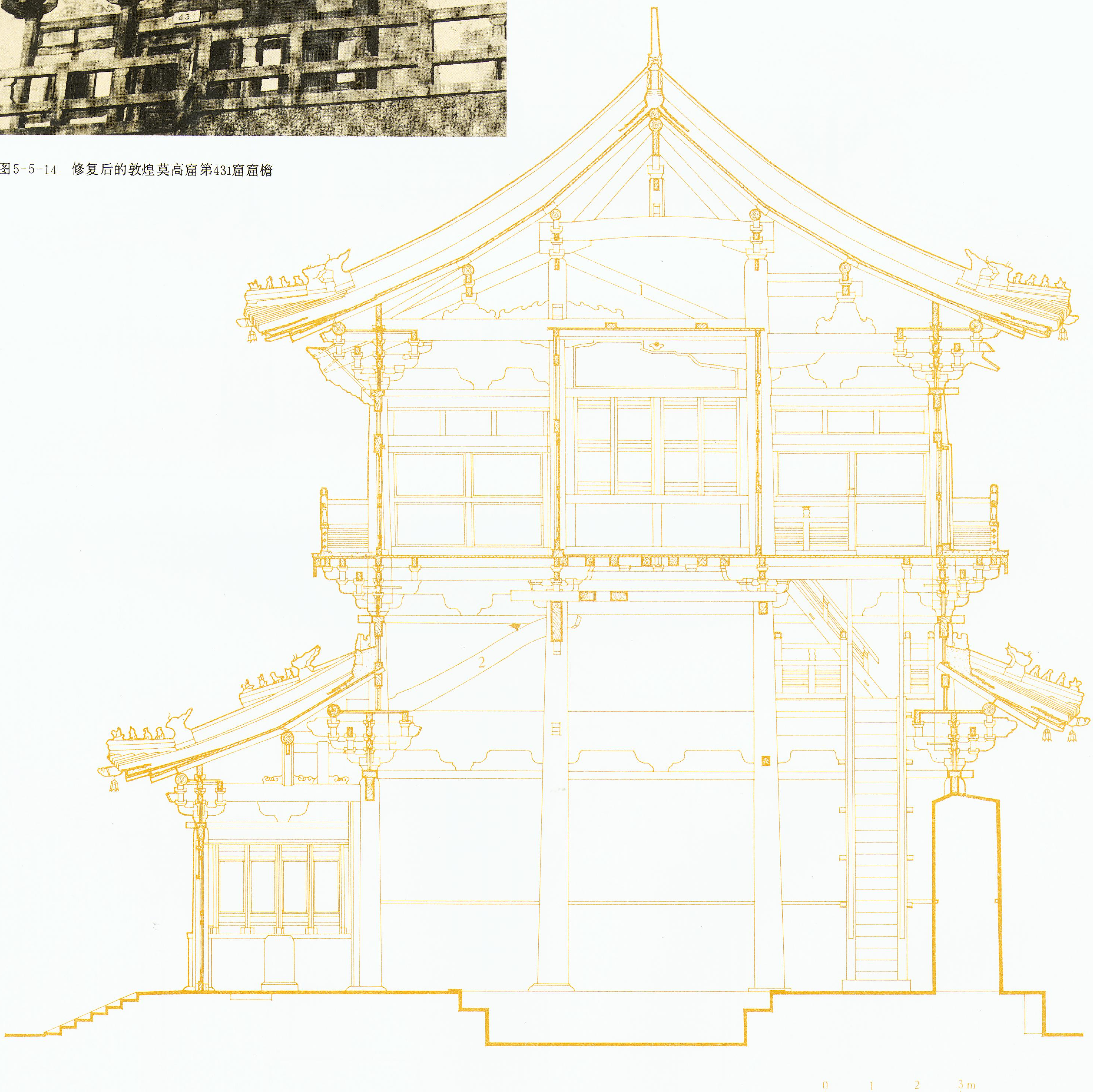


图5-5-15 河北正定隆兴寺转轮藏殿明间横断面图
1.大叉手；2.斜乳栿

设直棂窗。柱间上用阑额、由额，下用地栿，柱头不用普拍枋直承栌斗。柱头斗栱为六铺作出三抄，檐栿前端伸入斗栱为第二跳华栱。檐栿后尾直接插入山岩中，栿上置斗栱，短梁支承窟檐顶部。整体结构十分简练。

厅堂式的结构在宋代出现了一种变体，如河北正定隆兴寺转轮藏殿的上屋梁架，进深六架椽，脊檩下用叉手、蜀柱、平梁为普通式样，平梁以下由于后金柱升高直达平梁，将整体构架分为前后两部分，后半部长两椽用扎牵、乳栿，前半部用四椽栿、大叉手、蜀柱、驼峰组成一付类似近代的人字形柁架（图 5－5－15），支在四椽栿正中的底皮下，可能是因为正中放置佛龛的需要而设。从结构上这是一根可以取消的构件，故转轮藏的梁架如采用《营造法式》的名称，仍可以算做是“六架檐屋，四椽栿对乳栿用三柱”。

（3）柱梁作：

此种式样为廊屋及一般住宅、店铺等小型建筑的木构架，主要特点是不使用斗栱，柱上承梁、檩，相当于清代的“小式”建筑。造型多用悬山顶，或加板引檐（俗称雨搭）。《清明上河图》中所绘许多建筑均属此种结构式样（图 5－5－16）。

（4）其它：

在现存宋代木构建筑中，有些木构架并不明显的属于以上几种式样，多数处于殿堂式和厅堂式之间。如宋代一些中小型建筑中颇为盛行的一种结构式样，即在梁架中采用乳栿与四椽栿在内柱柱头斗栱上对接的方法，内外柱的高度也基本相同。此种式样具有殿堂式施工方便、可按水平层安装或拆卸的优点。最大的特点是能使柱网设计有一定的灵活性，内柱的数目可减可加，位置也可以在梁缝中心线上前后适当移动。单从柱的高度看这些建筑都应属于殿堂式，但从它的整体构造似归入厅堂式更为合适，故在此单列一项。

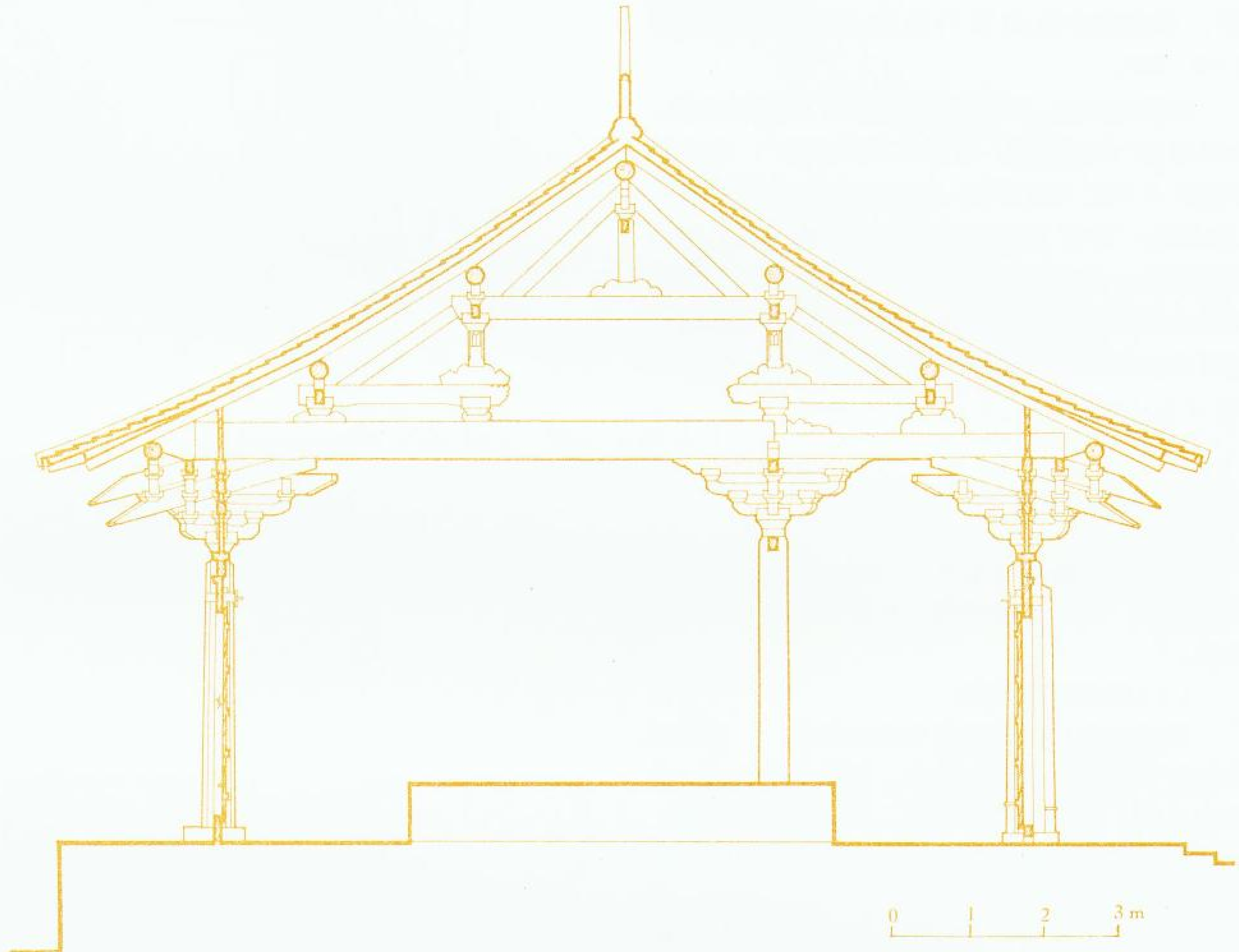
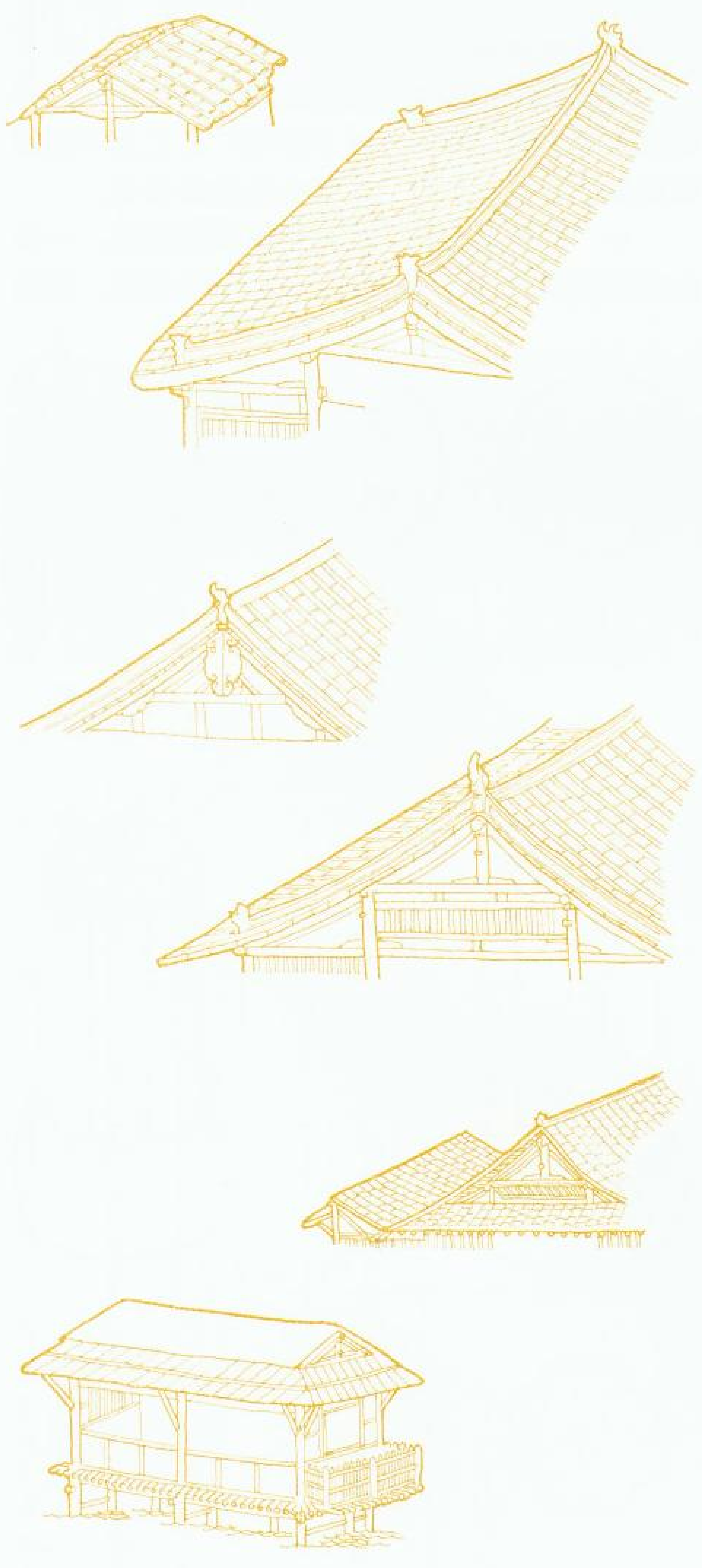


图5－5－17　山西晋城青莲寺大殿横断面图


图5－5－16　宋代柱梁作木构建筑（摹自《清明上河图》）

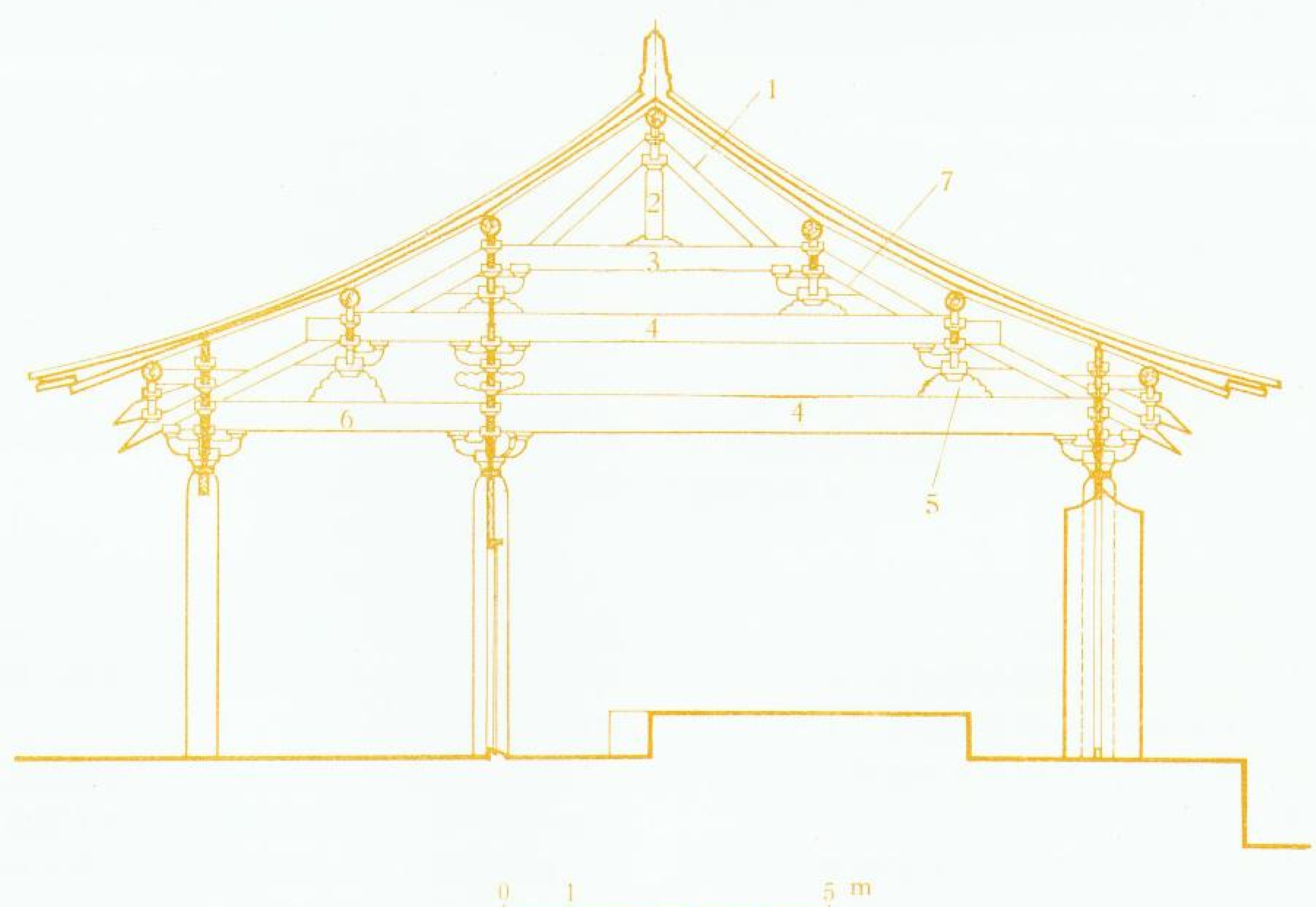


图5－5－18　山西榆次永寿寺雨花宫横断面图
1.叉手；2.矮柱；3.平梁；4.四椽栿；5.驼峰；6.乳栿；7.托脚

兹举下列三例说明:

青莲寺大殿:面阔进深各三间,单檐歇山顶,平面中减去前内柱,木构架为“六架檐屋,四檐栿对乳栿用三柱”、内柱比檐柱高一足材,加上柱头斗栱至大梁底皮的高度仍相等。故该殿的四椽栿与乳栿可视为大梁(六椽栿)的前后两段(图 5-5-17)。

永寿寺雨花宫:平面及外观与青莲寺相似,其木构架是“六架椽屋,乳栿对四椽栿用三柱”,唯在前内柱间置门窗做成前廊形式(图 5-5-18)。

初祖庵大殿:面阔进深各三间,单檐歇山顶。木构架为“六架椽屋,前后乳栿用四柱”,前内柱于柱头斗栱上又立童柱,直达平梁底;后内柱后移124厘米,以扩大佛台前的使用空间,故后檐的乳栿实长一椽半,正中的梁实长二椽半,两根梁在后内柱柱头斗栱上斜接,与平接的效果相近,也可使内柱的位置有少许的灵活性(参见图 5-5-7)。

(二)木构架技术的新成就

木构架发展到了宋代,与隋唐时期比较技术更加完善,加工更加精细,主要表现在以下几个方面。

(1)柱框刚度增强:

我国古代木结构建筑中的木构架,一般可以分为上下两层,下层由柱子、额枋组成柱框,上层由斗栱、梁、檩组成梁架。隋唐时期的柱框,大多数是在周围檐柱或内柱之间,柱头联以阑额(或在阑额下再加一根由额)、柱根联以地栿,阑额和由额都是将端部直接扦入柱内,或略砍稍细,但都属于“半榫”至角柱不出头。此种式样遇大风或地震时的水平推力冲击时,接榫处容易松劲造成柱框歪闪、脱榫,故宋代匠师们采取以下措施,增强柱框的刚度。

第一,宋代现存木构古建筑中,我们注意到从北宋初开始,在柱头上加用“普拍枋”的逐渐增多,在柱框的顶部用一圈普拍枋联成一道木质的“圈梁”,与现代建筑中的结构原理相似,所用普拍枋各间一根,相接处用比较复杂牢固的榫卯联结,式样有“勾头搭掌”,“螳螂头”等(图 5-5-19)。转角处在角柱顶十字相交,上下扣榫出柱头,各个柱头利用柱头的斗栱穿过普拍枋插入大斗底,将柱头、普拍枋、大斗联为一体使之不能轻易移动。

第二,额与柱相交,出现了如《营造法式》卷三十所绘梁柱对卯的就式样,即“藕批搭掌、箫眼穿串”,比半榫入柱的办法坚固的多。此外宋代建筑中,大多数阑额至角柱伸出柱外,上下刻半榫搭交,比唐代不出头的做法有所改进,增强了阑额转角处的固结和稳定。

第三,强调柱侧脚与柱生起的作用。我国古代木构建筑中外檐柱子,不是垂直的,而是微向里侧倾斜,约为柱高的百分之几。周围的柱子都向内倾斜,表现在平面中就是柱根平面大于柱头面尺寸,此种做法称为“侧脚”。另外一种现象是,

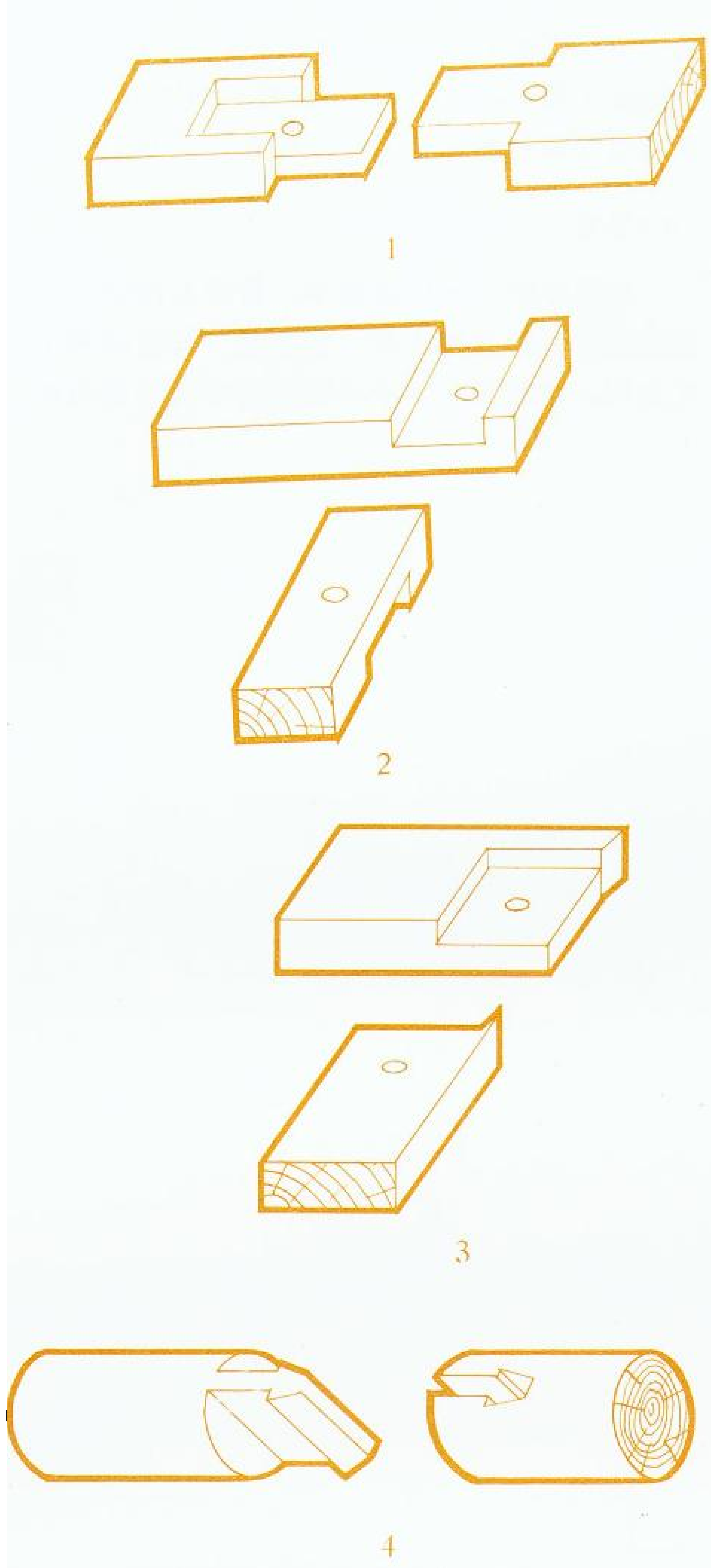


图5-5-19 宋代大木榫卯示意图(摩尼殿)
1.普拍枋榫;2.普拍枋榫内转角;
3.普拍枋榫外转角;4.檩头榫

建筑物每面的柱子,自明间开始向外至角柱逐渐升高的做法,称为“生起”。这两种技术措施都可产生整体建筑的重心向内的作用,对增强整体建筑结构中柱框的刚度都是有益的。

隋唐以及五代时期,以上两种技术措施虽然都已出现,但并不普遍,如五台佛光寺大殿(857年),福州华林寺大殿(五代)都是只有柱生起,不用柱侧脚。北宋诸建筑中两种技术措施都已经比较普遍的被采用。

(2)拼合构件的出现:

拼合构件一般被认为是宋代出现的新结构,宋以前文献无记载,更缺乏实物例证。拼合构件主要是为了节约木材,用小料拼成大料,常用的有拼合梁与拼合柱两种。

第一,拼合梁:古代常见的拼合梁是在大梁上加“缴背”梁,其目的很明显是补救大梁断面不足。两根构件之间一般用木楔相联,虽不能完全象现代拼合梁那样密合牢固,缴背总是分担了部分荷载、减轻下面大梁的负担。《营造法式》卷五还记载有以下几种:

梁栿制作时,“凡方木小,须缴贴令大……若直梁狭即两面安槫栿板”(此即三拼梁);“如月梁狭即上加缴背,下贴两颊不得刻剜梁面”(这种式样也是一根三拼梁)。

第二,拼合柱:《营造法式》卷三十所绘合柱鼓卯图中“两段合”,“三段合”的图样,就是现代所说的两拼柱与三拼柱,这是宋代以前未见的新做法。依图中所绘,每根用 2—4 块木料合成一根整柱,各块木料之间的内部用“暗鼓卯”和“楔”,合缝用铁鞠,表面另以“盖鞠明鼓卯”盖面(图 5-5-20)。

拼合柱的实例,宋代建筑中仅知浙江宁波保国寺大殿一处。全殿共计十六根柱,表面都是围以八个连续的圆弧,形似瓜瓣称为“瓜棱柱”。这些柱子过去曾被认为是用一根整木料砍制成瓜棱状,在 1975 年维修时发现:外檐十二根柱与过去估计一致,由整根木料制成,而且是前檐四根露明柱砍为八瓣,其余半露明柱仅在露明处砍四瓣;殿内四根金柱全是拼合柱;其中三根是用四条圆木相拼,接缝处各贴十根“瓜棱”,严格计算是由八根木料拼成,另一根是中心为整四根圆木,周围用八根半圆枋木贴成瓜棱状;这根柱共由九根木料拼成(图 5-5-21)。

(3)大木构件的艺术加工更加精细:

《营造法式》总结了当时流传的部分手法,并附以详细图样,对制作技术的推广工艺水平的提高都起了重要的作用,比较突出的是卷杀。

1) 柱的卷杀在宋代至少有两种式样,一种是《营造法式》卷五中所述“凡杀梭柱之法,随柱

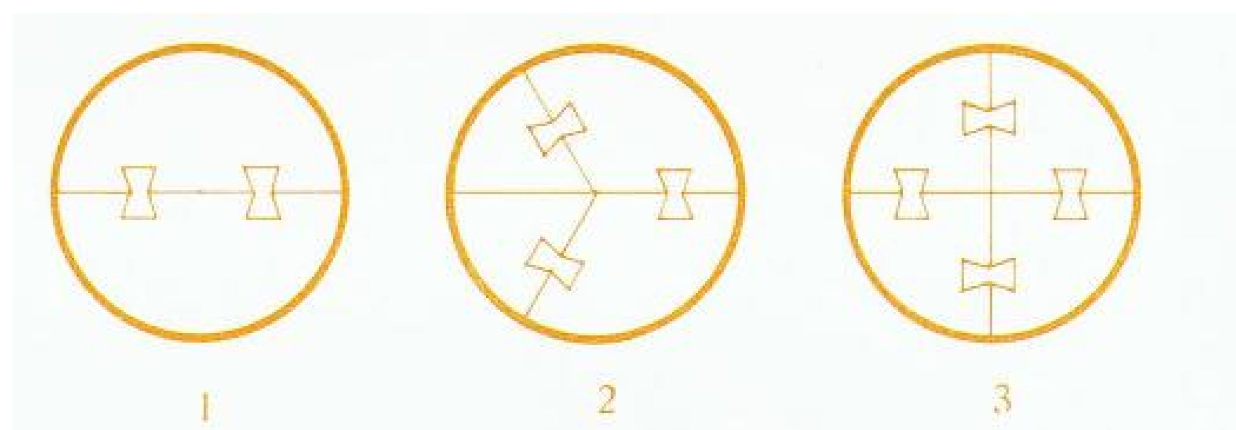


图5-5-20 宋《营造法式》拼合柱
1.两段合柱;2.三段合柱;3.四段合柱

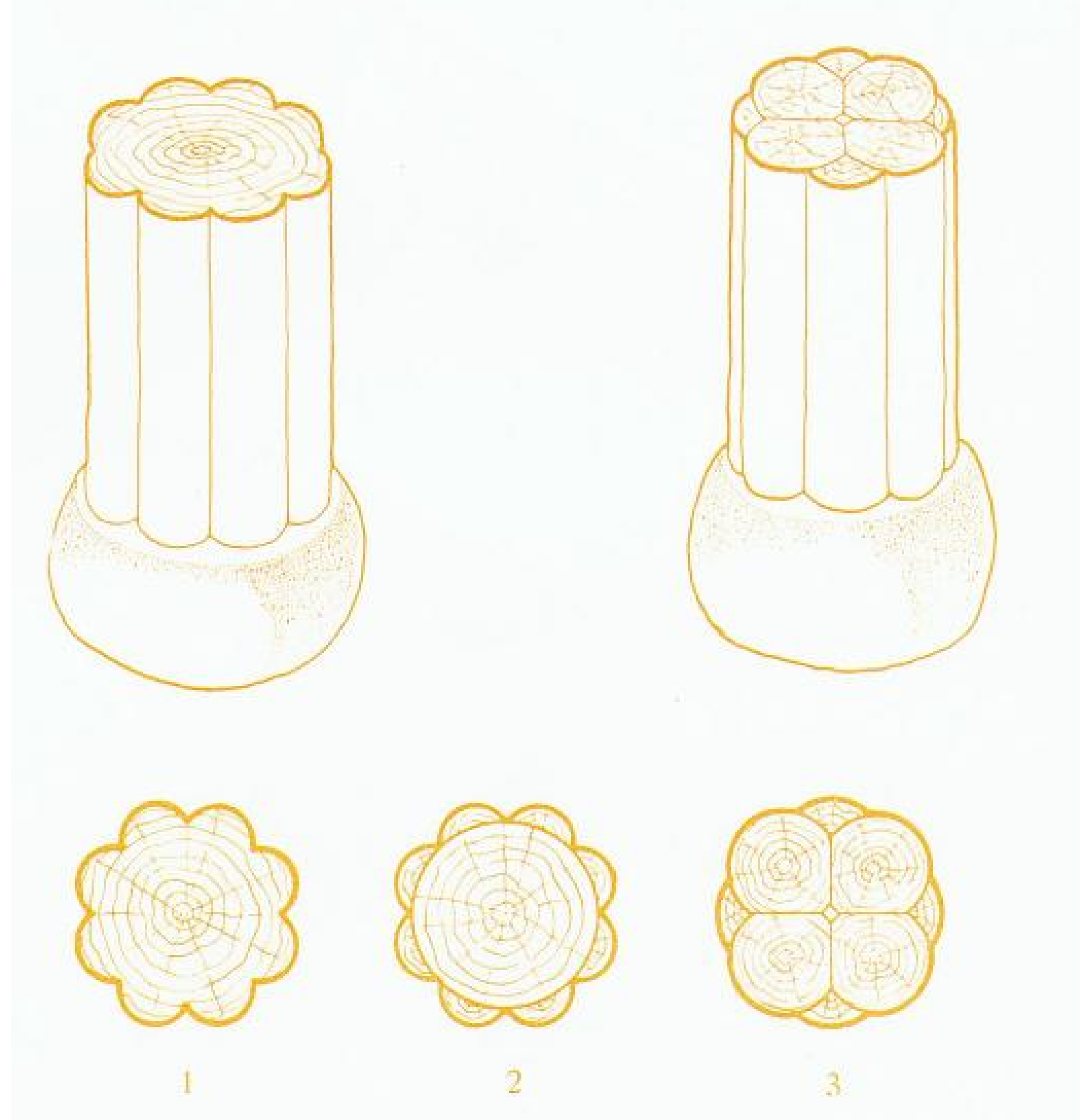


图5-5-21 浙江宁波保国寺大殿拼合柱
1.瓜楞柱;2.贴棱柱;3.四拼贴棱柱

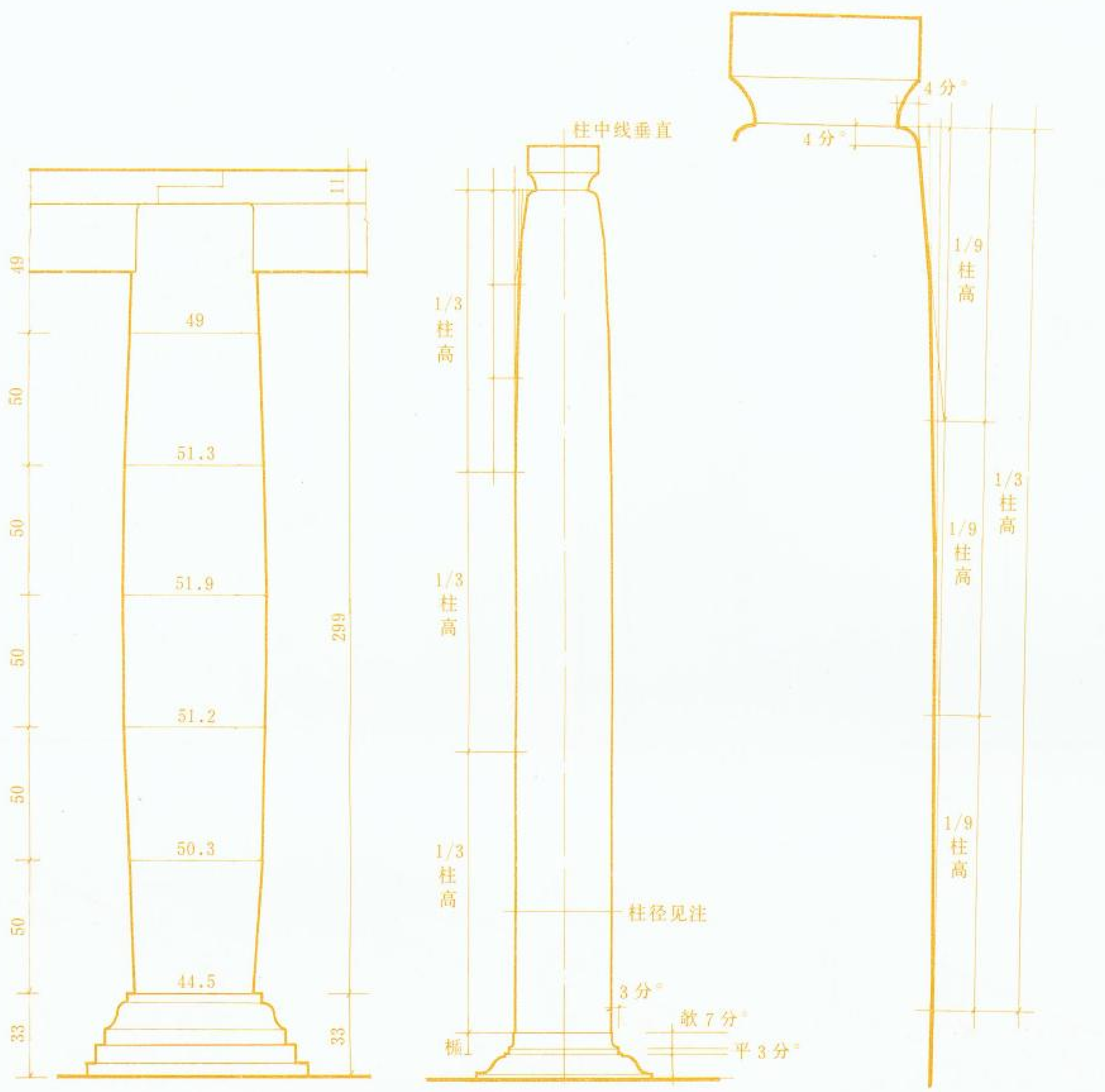


图5-5-22 梭柱做法示意

广州光孝寺大殿（宋） 单位：厘米

宋《营造法式》

注：柱径

殿阁42—45分

厅堂36分

馀屋21—30分

宋《营造法式》梭柱局部大样

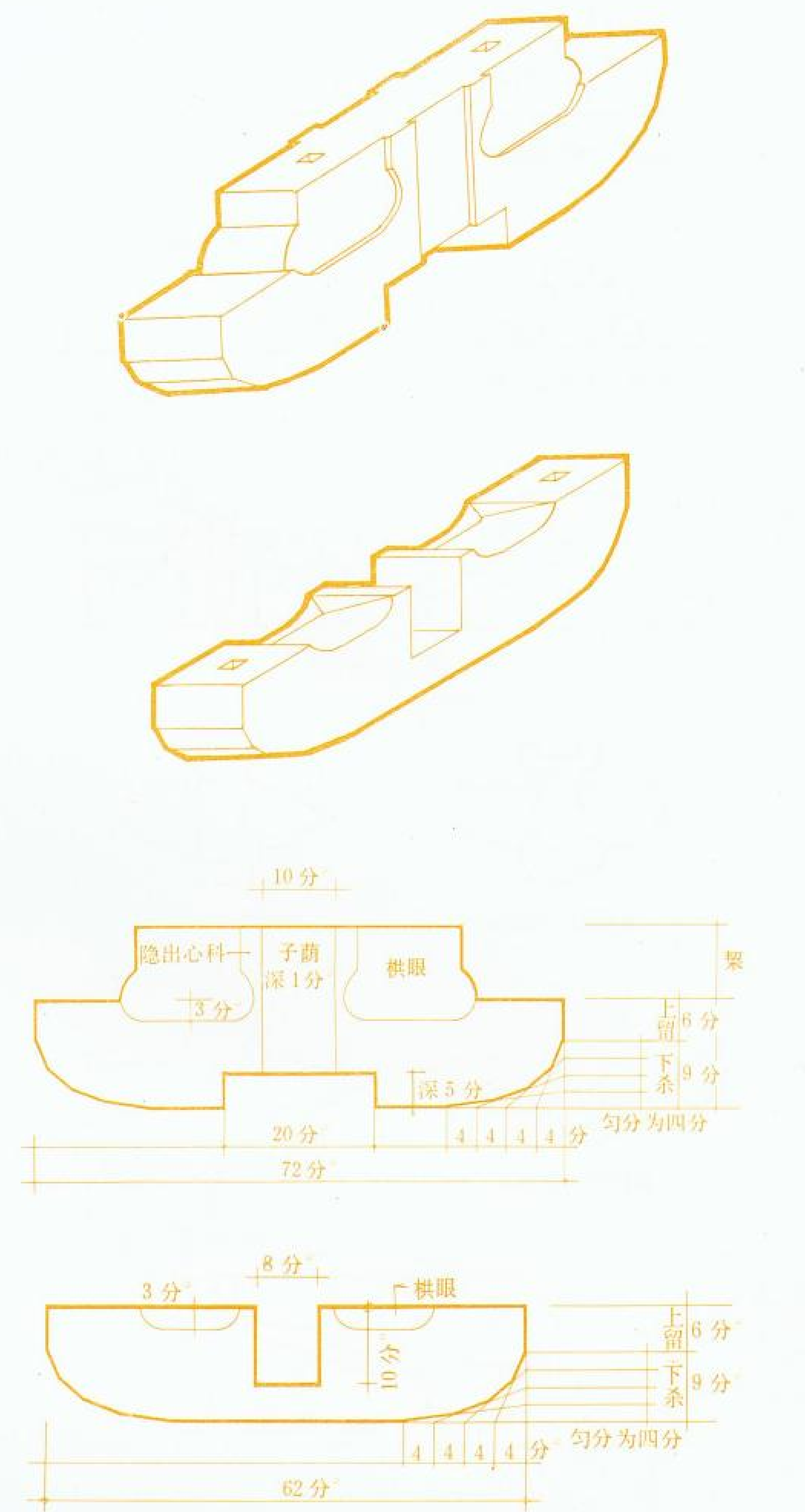


图5-5-23 宋《营造法式》栱瓣卷杀做法

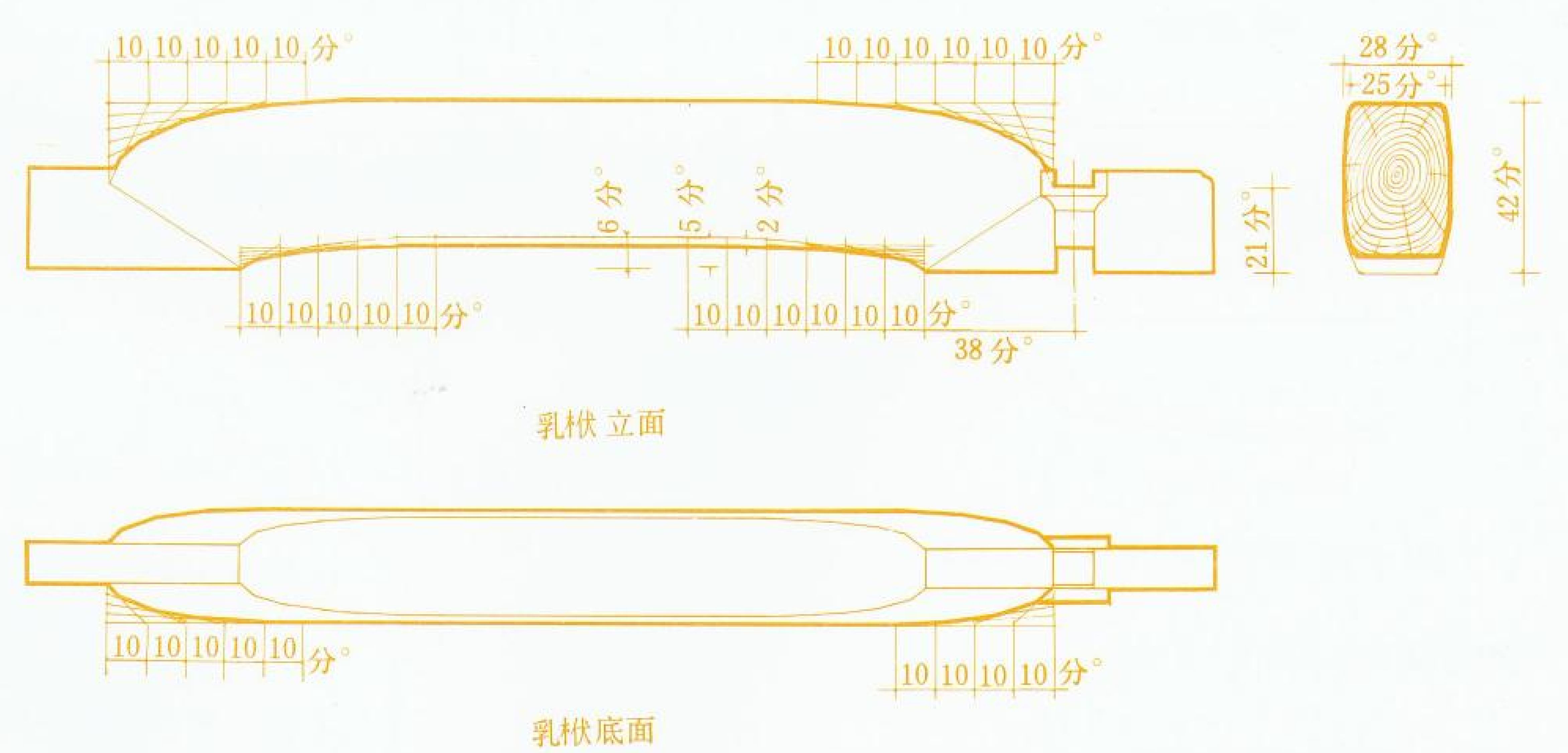


图5-5-24 宋《营造法式》月梁做法

之长分为三分，上一分又分为三分，如栱卷杀渐收至上径比栌斗底四周各出四分。又量柱头四分紧杀如覆盆样，令柱项与栌斗底相副，其柱身下一分杀令径围与中一分同”。这一种尚非完全梭形。

南宋建筑的广州光孝寺大殿（1269年）的梭柱，上下柱径小，中间柱径大，真正成为梭形。这座建筑物虽经后代大修，但梭柱仍保留了宋代原制（图5－5－22)。

2） 露明构件如梁、枋、斗栱等的“卷杀”。它的操作方法，据《营造法式》记载，以四瓣卷杀的栱头为例介绍如下（栱断面高为15分）：“上留六分，下杀九分，其九分匀分为四大分。又从栱头顺身量为四瓣，各以逐分之首（自下而上）与逐瓣之末（自内而至外），以真尺对斜画定然后斫造”（图5－5－23)。

如为五瓣卷杀，则垂直和水平方向都分为五瓣。以此类推，并不复杂。施于各构件后，整体结构就显得变化多端，例如斗栱中各种栱头卷杀的瓣数互不相同，华栱，泥道栱四瓣、令栱五瓣、替木三瓣；柱头砍成“覆盆”形，也是用此种卷杀方法制成。效果最突出的是对“月梁”的砍制，整根笨重的大木构件，两端砍薄砍细，中间突起，形式美观（图5－5－24)。值得提出的是，我们调查过的几十座宋代木构建筑中的月梁、梭柱等艺术加工的大木构件，它的表面都是用斧锛砍成的，外观效果与明、清用刨子刨光的效果相似，这种技巧是相当高的。

宋代建筑中的其他大木构件如大角梁、驼峰、耍头、昂嘴等式样，显著的较唐代增多，《营造法式》中绘有部分图样，连同现存实物中的一些例证，可以粗略的看出宋代艺术加工的一般水平

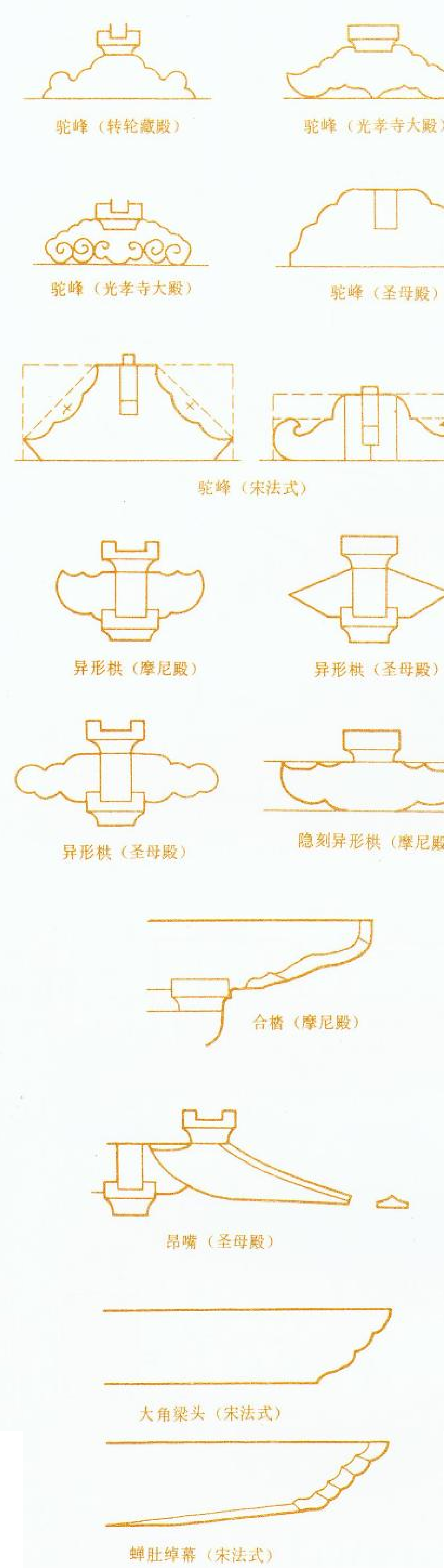


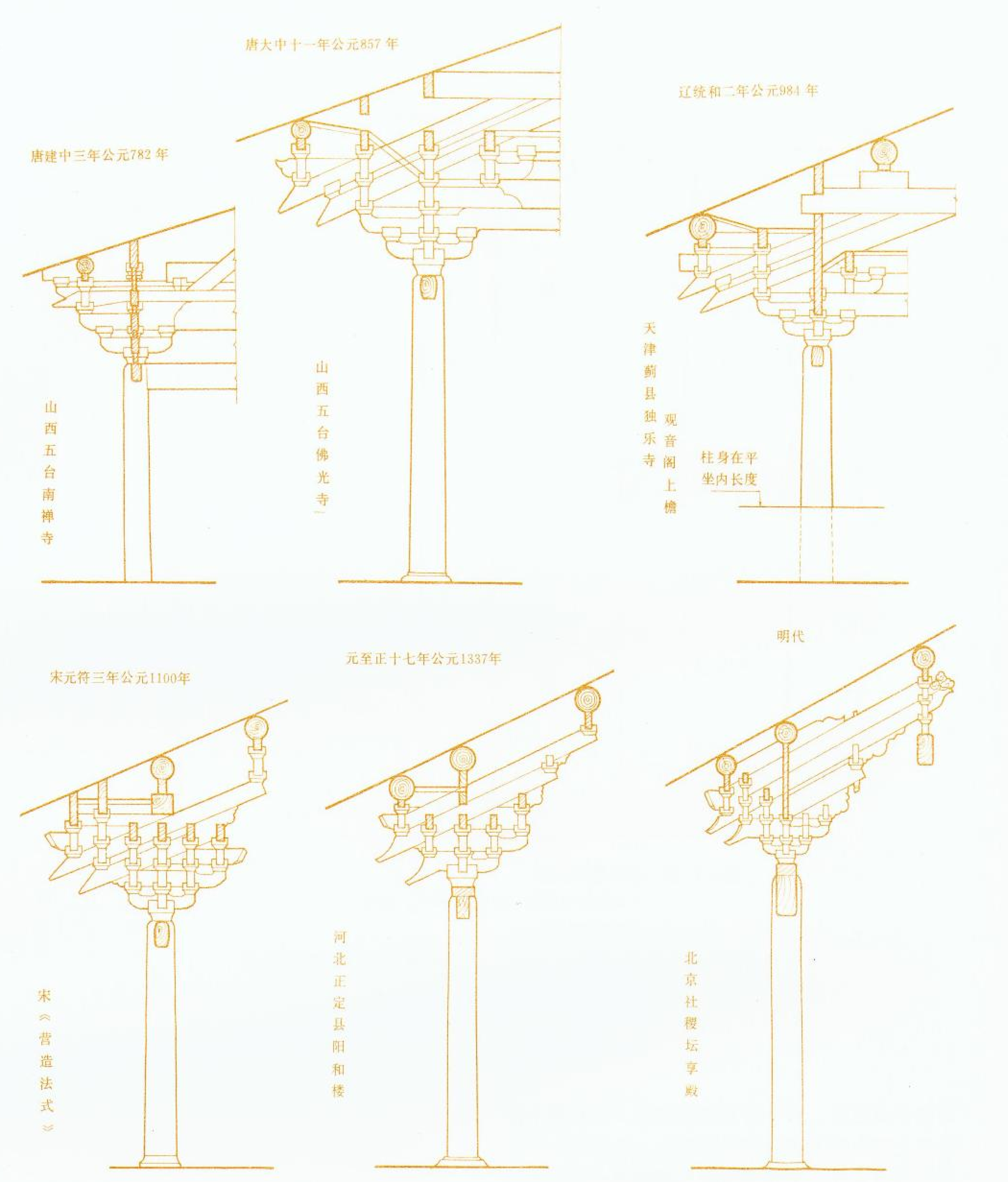
图5-5-25 宋代木构件艺术加工示意图

是相当精细的（图 5－5－25）。

（三）斗栱构造的新变化

宋代斗栱的发展，从总体式样到细部，大体上继承了唐代的式样，但也出现了一些新变化（图 5－5－26），明显的有以下几点。

1） 斗栱结构在整体木构架中所占比例逐步缩小。在唐代建筑中表现为“斗栱雄大”，这是指建筑立面构图中柱高与斗栱面高度（斗栱中大斗底皮至挑檐檩底皮的垂直高度称为斗栱的立面高度）的比例。已知的几座唐代建筑多在 5 ： 2 至 2 ： 1 之间，整体造型给人的印象是头大身短。五代和北宋初期的一些建筑中，仍然存在着三间小殿而使用七铺作斗栱的不合理现象。最突出的实例有山西平遥镇国寺万佛殿（963 年），浙江宁波保国寺大殿（1013 年）等。北宋中期以后的建筑中，这种现象得到了改进。就调查所知，这一时期及其以后所建造的三间小殿大多采用五铺作斗栱，斗栱立面高度多为檐柱高的 30％左右。改变了唐代那种头大身短的现象。



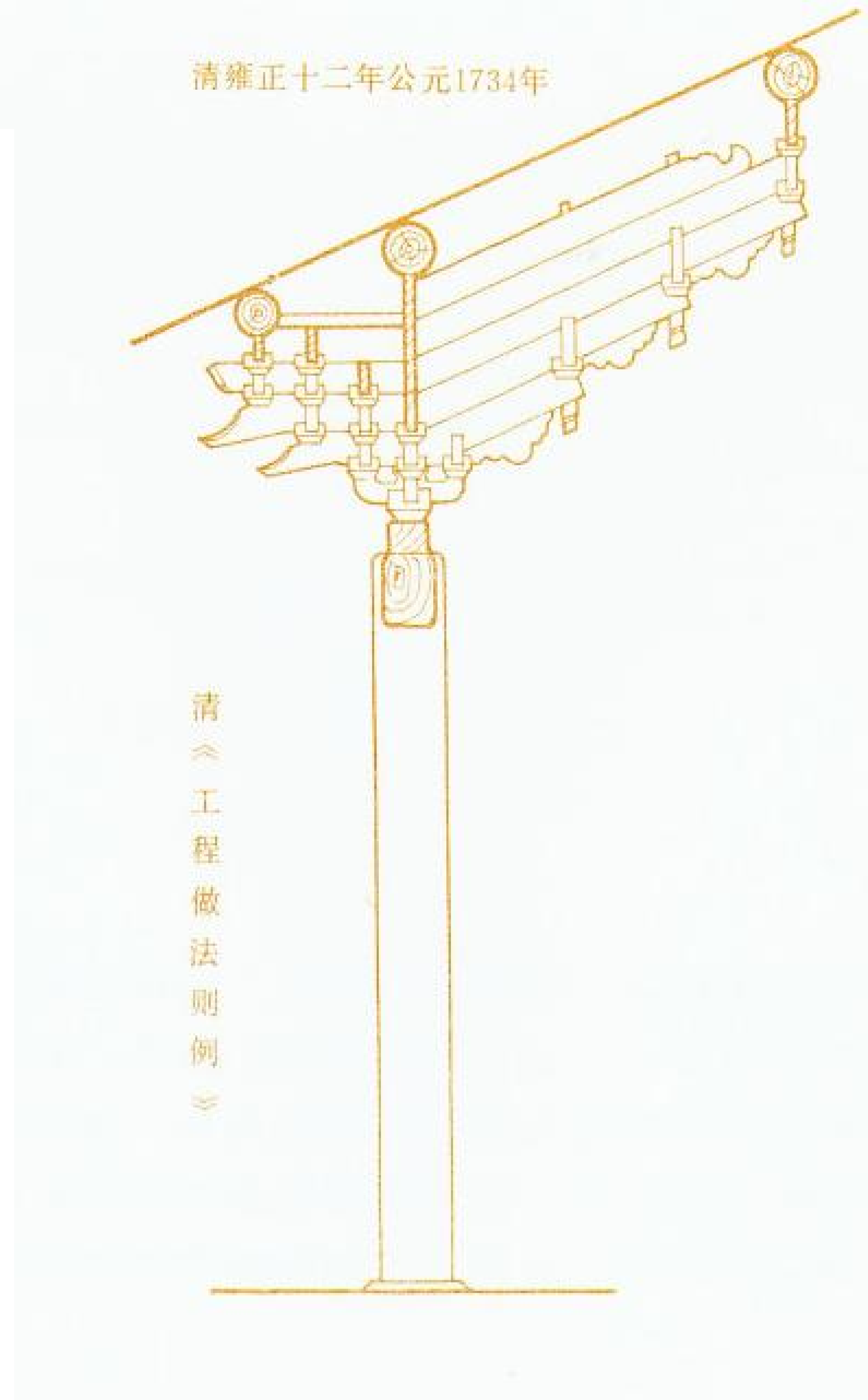


图5-5-26 唐、宋、辽、元、明、清斗栱比较图

2） 斗栱的装饰性能逐渐增强，斗栱的功能除了结构上的作用外，不可否认它本身还具有很好的装饰作用。此种功能在宋代建筑中更加强调，首先是改变了唐代那种柱头斗栱大，补间斗栱小或不用补间的作法。宋代建筑中的补间斗栱大都

与柱头斗栱的大小一致。其次是北宋建筑中开始使用假昂。山西晋祠圣母殿上檐斗栱中的昂咀平出，结构上仅是华栱构件加长，伸出部分上部削弯做成琴面昂的形状，实际上只能起到华栱的作用，完全起不到后尾斜挑向上的那种“真昂”的作用。

(四)高层建筑中木构架技术的成就

宋代以前高层木结构建筑技术已有较高的成就。北宋初期，通过著名匠师喻皓在汴梁修建开宝寺木塔的情况，可以对当时高层建筑中木构架的技术成就，得到一些概略的印象。当时对木塔的设计，从造型、结构以及抗风等都有一套比较成熟的经验。

我国高层木构建筑结构的类型是以楼层立柱的方法而划分的。常见的有以下两种：

第一，叉柱造：此种结构是自下而上，一层柱框，一层斗栱相重叠，上层柱根叉于下层斗栱的大斗之上。这是宋以前常见的式样（图5-5-27）。与宋同期的辽代高层木构建筑如应县木塔（公元1056年），蓟县独乐寺观音阁（984年）等都属于此种类型。

第二，永定柱造：它的特点是二层平座柱子直接从地立起，与下层檐柱相距甚近。河北省正定县隆兴寺慈氏阁是此种结构的唯一实例。这座

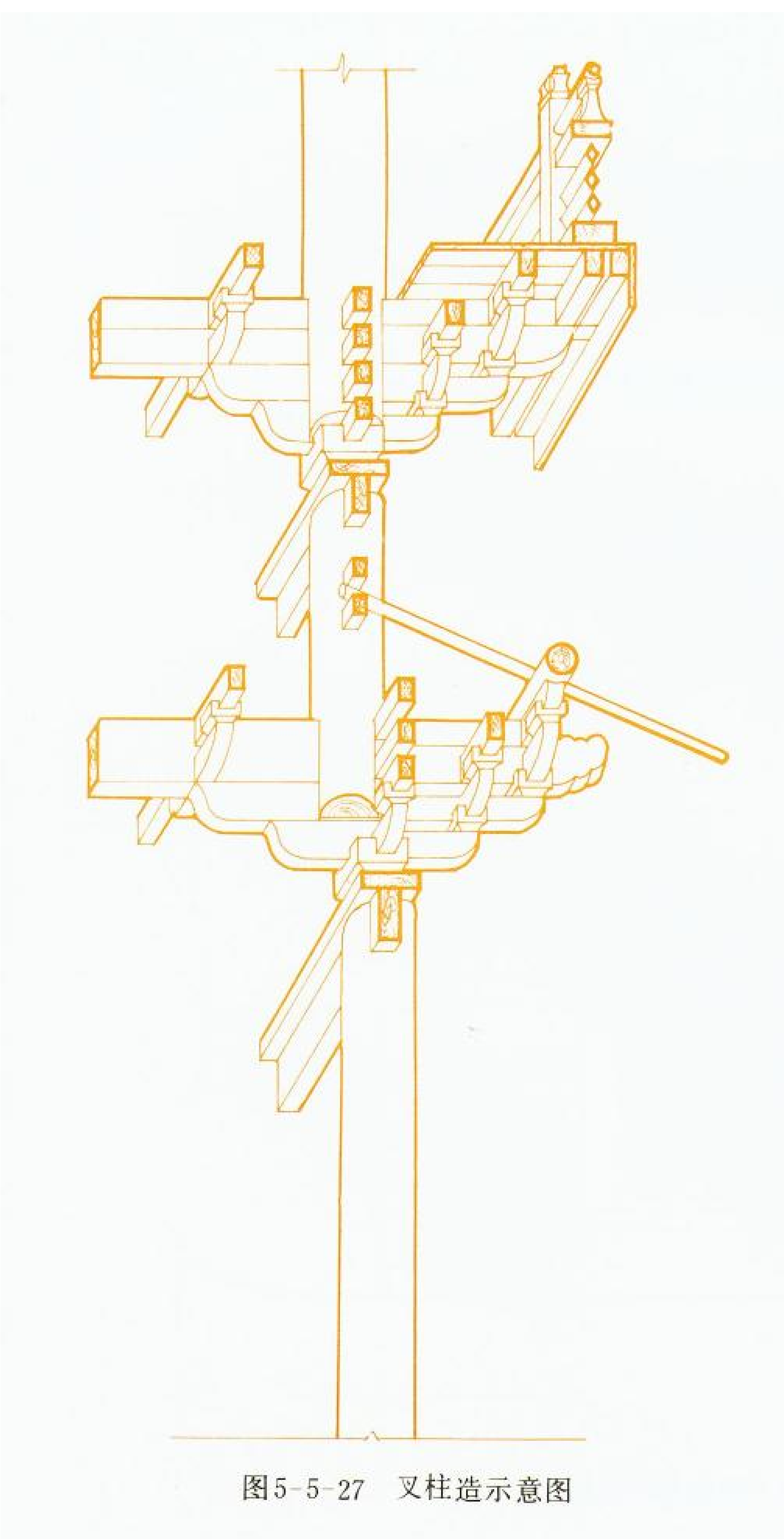


图5-5-27 叉柱造示意图

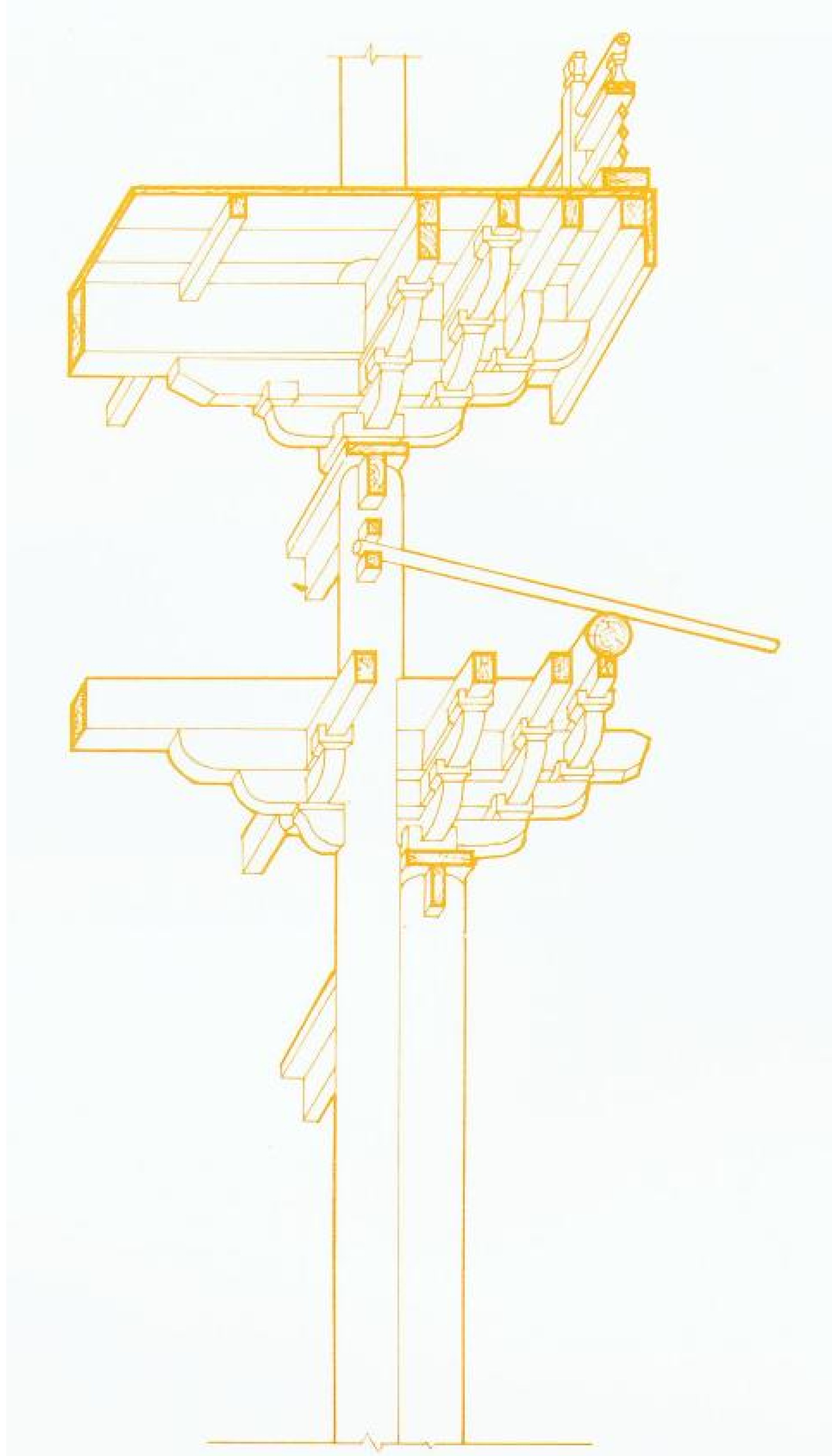


图5-5-28 永定柱造示意图

建筑的上层梁架虽然被清代改建，但平座及下层仍保留北宋建筑时的规制（图5-5-28）。

此外在《营造法式》中还介绍一种“缠柱造”的做法，它的特点是上层柱根立在下层斗栱后尾的梁上，而且在转角处各加一朵补间斗栱遮住上层柱根。此种类型尚缺乏实物例证。

宋代现存实物中多采用叉柱造，但与唐、辽时期又略有不同，例如前已介绍过的正定隆兴寺转轮藏殿，它是一座两层楼带平座的建筑物，结构上属于叉柱造，平座外檐柱的柱根叉于下檐柱头斗栱之上。但它的内柱则是由底层内柱直上达二层楼板下，如自平座地面计算，外檐仍维持早期作法，由下檐柱、下檐斗栱、平座柱、平座斗栱等四层组成，而内檐则仅由内柱和柱头的简单斗栱共两层组成。

转轮藏殿平座以下内外柱间的联系，由于底层中间大型转动的经橱的关系，各面的结构也不相同，两侧面在前内柱上用两根乳栿，前檐因受转轮的影响不能安置水平位置的梁栿，设计者使用了两根弯梁。后尾插入大内额上，前端搭在前檐斗栱上。如此设计的结果，在叉柱造的高层结构中常见的平座暗层被取消了。高层建筑在内部取消平座暗层的做法，是宋代以前不多见的。内柱加高贯通底层和平座层的做法，应是从叉柱造改变为明清时期高层建筑中使用通柱的过渡例证。

为增加高层木构建筑的抗风、抗震能力，宋代在增加整体木构架的刚度上采取了一些新措施，前文已叙述宋代为增加柱框的稳定性，在柱头上增添了普拍枋，这一构件从《营造法式》中可以清楚的看到，首先是在高层建筑中使用的，因为凡提到普拍枋之处，都和平座相连叙述。

柱侧脚的应用，在楼阁建筑中更加重视，《营造法式》规定：“楼阁柱侧脚，祇以柱以上为则，侧脚上更加侧脚，逐层仿此”。此种措施，使得高层建筑物的平面自下而上逐层向内收进，增加了建筑的稳定性。现存宋、金这一时期的楼阁建筑莫不如此，以转轮藏殿为例，整体木构架各层平面尺寸如表。

部　位	通面阔（厘米）	比下层向内收进（厘米）	通进深（厘米）	比下层向内收进（厘米）
上层柱头平面	1325	11	1264	11
上层柱根平面 平座柱头平面	1386	8	1275	2
平座柱根平面	1339	41	1277	41
下层柱头平面	1380	12	1318	12
下层柱根平面	1392	—	1330	—

由表中明显看出，平座柱根处收进较多，这是因为平座属于上层结构，也就是说楼阁分层处收进多，平座柱头与上层柱根同属于一个结构层，故相差甚微。

三　独特的木栱桥——“虹梁结构”

北宋仁宗时期（1023—1063年），青州（今山东益都）地方，出现了一种独特的木栱桥，据《渑水燕谈录》记载：“青州城四面皆山，中贯洋水限为二城，先时跨水植柱为桥，每至六七月间，山水暴涨，水与柱斗，率常坏桥，州以为患……，明道中（1032—1033年）夏英公守青，思有以捍之，会得牢城废卒有智思，垒巨石固其岸，取大木数十相贯，架为飞桥，无柱，至今五十余年桥不坏”。这种新型结构很快得到推广。同书记载：“庆历中（公元1041—1048年）陈希亮守宿州，以汴桥坏，率常损官舟害人，乃命法青州所作飞桥，至今汾、汴皆飞桥，为往来之利，俗曰虹桥”。

从以上记载中得知，桥本身是“取大木数十相贯，架为飞桥，无柱”，无疑是一座木栱桥。宋代画家张择端在《清明上河图》中忠实地描绘了一座此种结构的木栱桥（图5-5-29），这座桥建在当时京城汴梁东水门外的汴河上，据《东京梦华录·河道》记载，此桥称为“虹桥”，无柱，皆以巨木架，饰以丹艧，宛如长虹。这座虹桥虽然早已不存，通过画家的精心描绘，今天还可以了解桥的结构概况。

虹桥是一座单跨木栱桥，跨径近25米，净跨约20米，拱矢约5米，桥宽约8米，拱券高度薄，配以丹饰栏杆和两岸桥头的华表，整体造型轻盈若长虹当空。桥拱主要部分从正面观察为五根拱骨互相搭架，实际可能为六根拱骨，最末一端埋入拱址，被培土后不够明显，每根拱骨搁于另二根拱骨中部的横木上。单独一片拱架是不能站立的，至少须有两片拱架用横木联系起来。横木除了支撑联系的作用外，同时又是拱架分配力量的

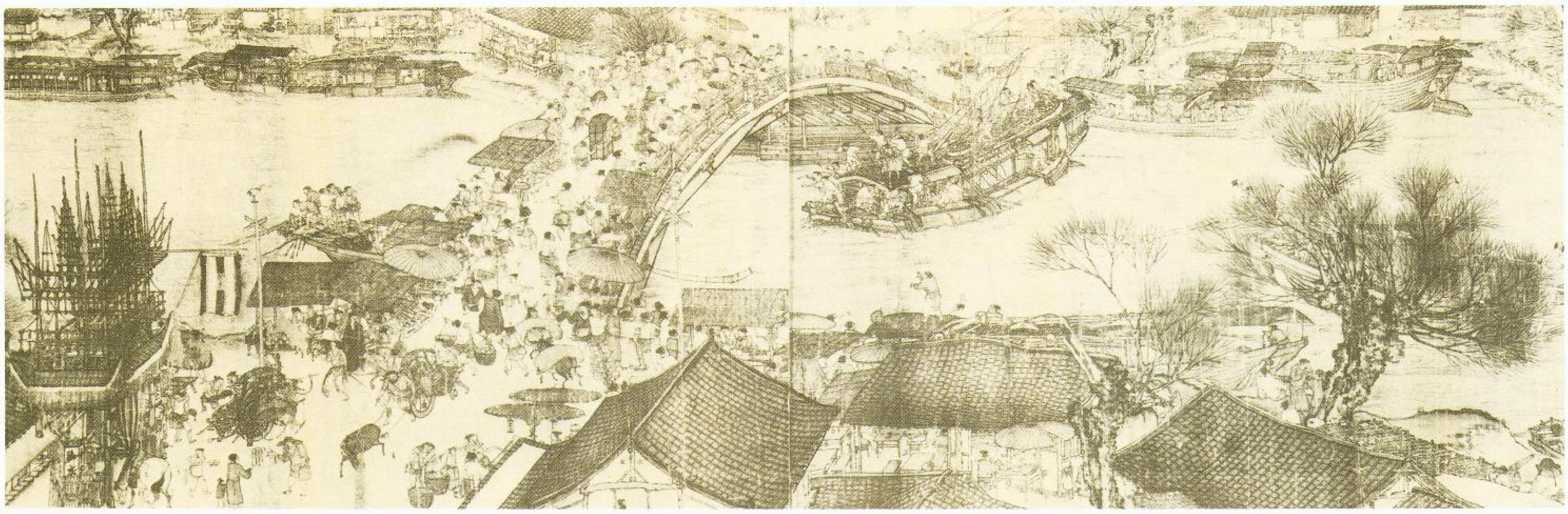


图5-5-29 宋张择端《清明上河图》中的“虹桥”

关键，在各节点上使用类似“铁马”的铁件把下缘的拱骨和上缘的拱骨联成整体。这样就可利用拱骨密排的挤束作用，达到限制结构几何变形，具有现代结构上纵横联结的作用。

此桥的外形虽是拱形，结构的组合仍是以梁交叠而成，称为“虹梁结构”，不仅造型优美，还具有以下几个突出的优点：

第一，构造简便，整体骨架又有纵横两种构件，纵横搭置，互相承托，具有简单梁的特点。构件类型少，形体简单，加工简易，构件互相连结也比较容易处理。

第二，短构件，长跨距：以小材建造较大跨径的构造物，从《清明上河图》中所绘的比例来分析，每个纵向构件长约 8 米，恰与估计的桥宽相等，也就是说全桥主桥所用大木，都是用若干 8 米长的木料支起跨径 25 米的大桥。

第三，结构坚固：《渑水燕谈录》一书成于北宋绍圣二年（1090年），书中所记青州第一座“虹梁结构”的木拱桥已建成将近 60年仍未坏。汴京的虹桥至北宋末期的政和、宣和年间（1111—1125年）尚完好。以此推算这一批虹梁结构的飞桥寿命，至少也在八九十年以上。九百多年前的木桥，能达到如此较长的寿命，结构的坚固性应是相当强的。

第六节 金代木结构

十二世纪初，东北地区女真民族逐渐强大，在 1115年建立了金王朝。建国初期，随着统治区域的日益扩大，迅速地吸收了辽、宋文化，先后把阿城、宁城、大同、北京、开封定为金的上京、北京、西京、中都和南京，就是承袭辽代五京之制的。

建筑技术也如此，就现存遗构观察，金代早期建筑受辽代影响较大。辽代一些建筑物使用内外柱不等高的八椽屋，金代的佛光寺文殊殿、崇福寺弥陀殿也采取了这种结构形式；辽代的斜栱，到了金代更是普遍流行，而在同时的南宋建筑中很少见到斜栱的使用。

金代，在建筑技术上又反映为受北宋影响较

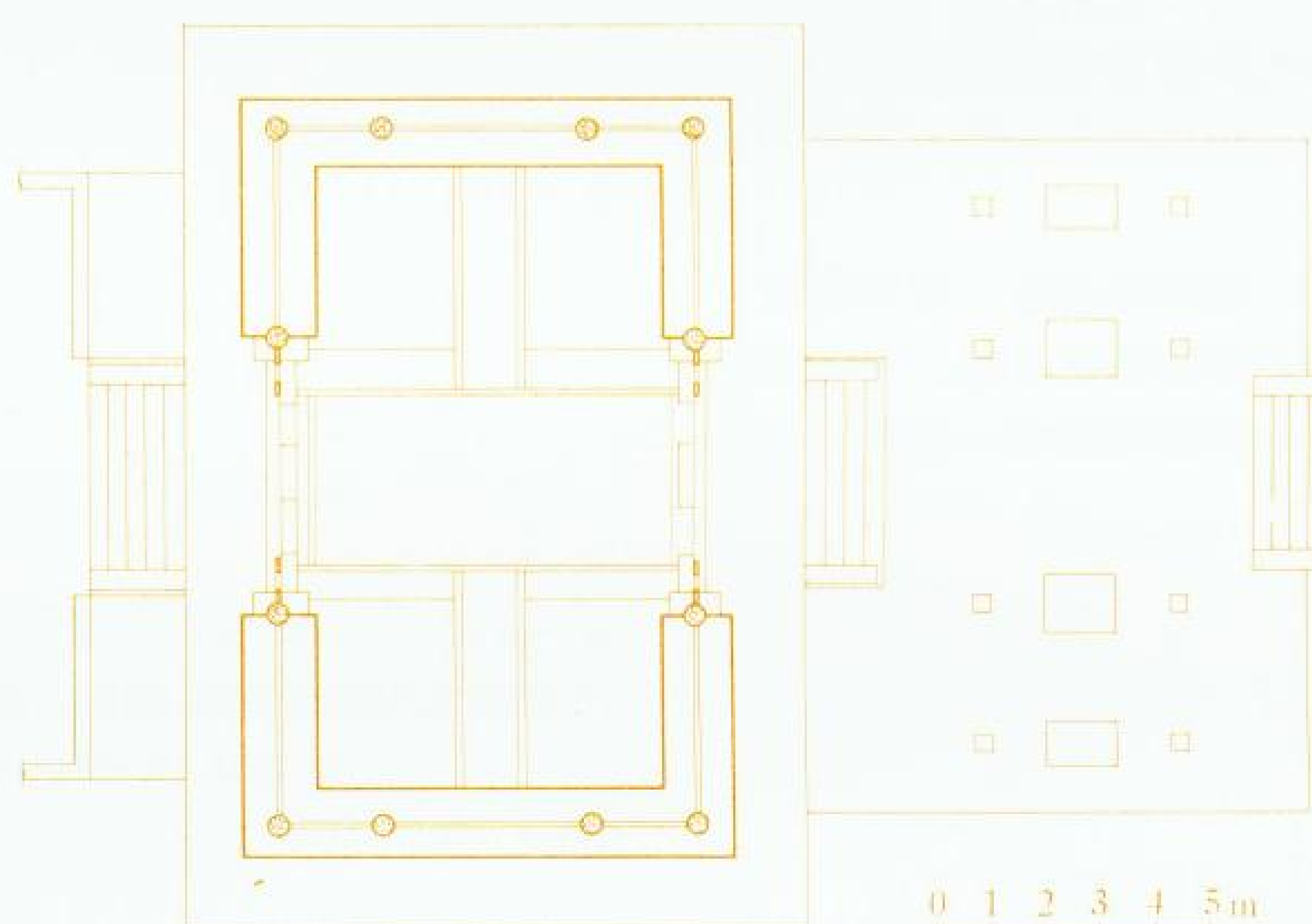


图5-6-1 （1）太原晋祠献殿平面图

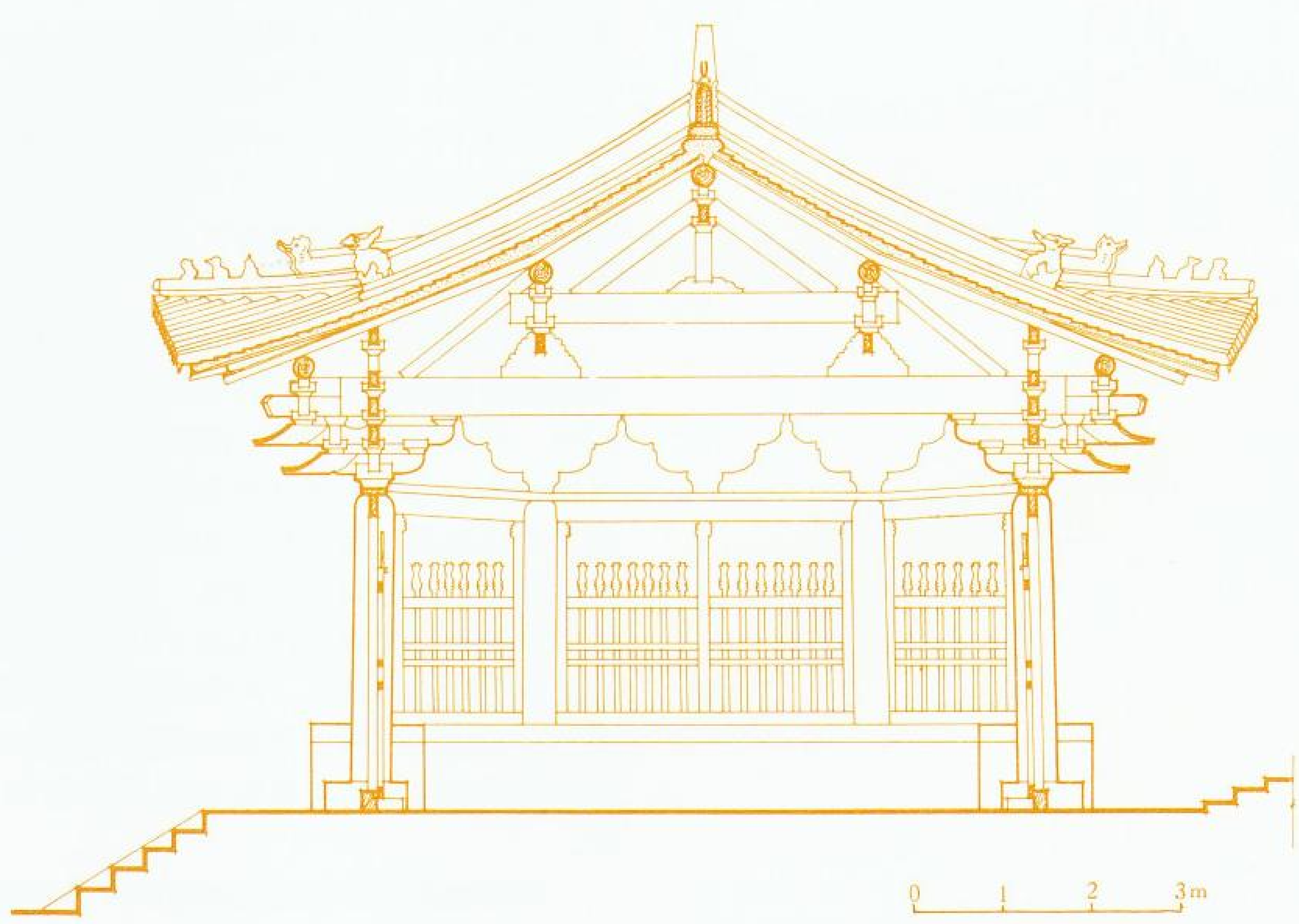


图5-6-1 （2）太原晋祠献殿横断面图

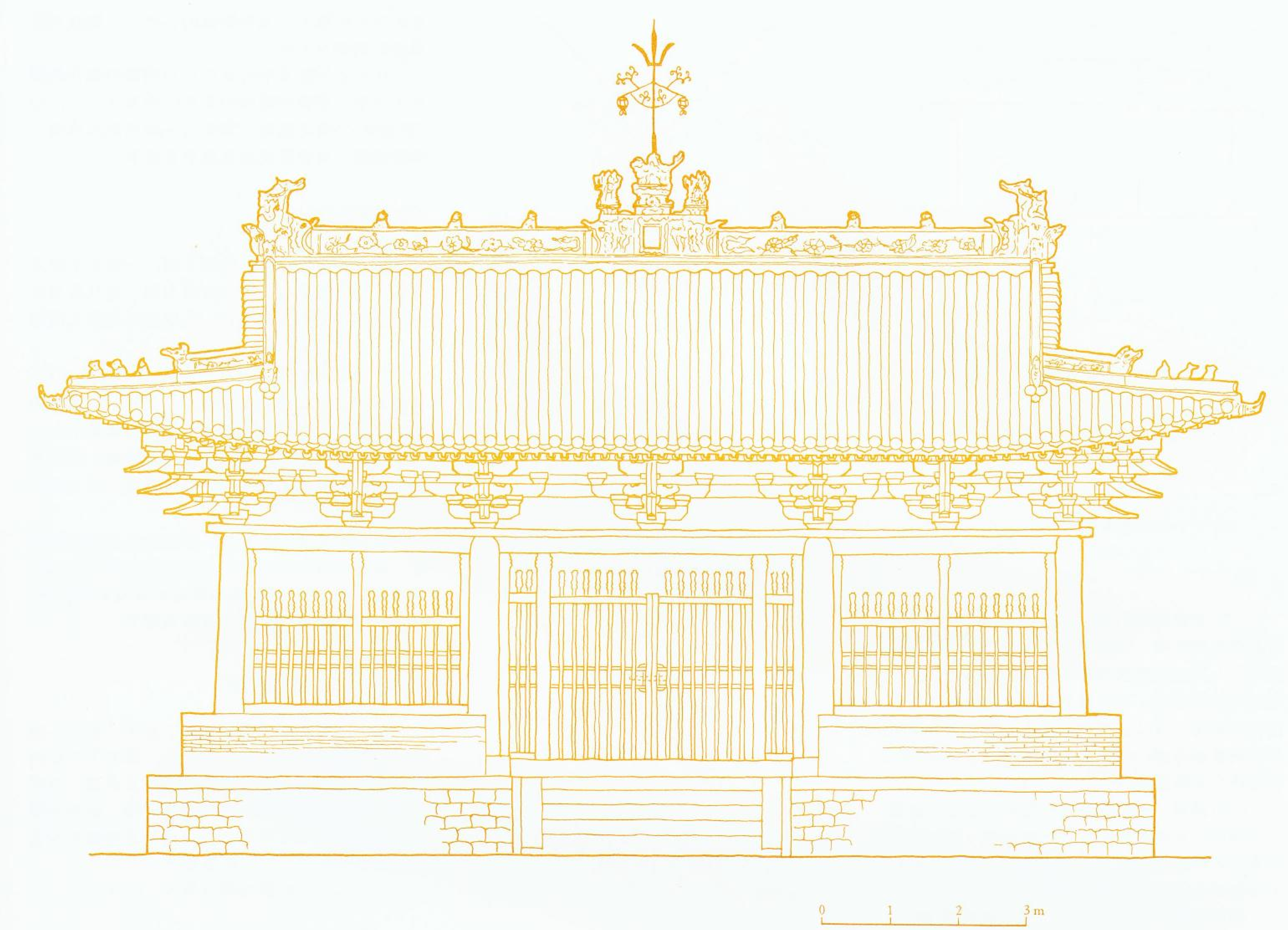


图5-6-1 （3）太原晋祠献殿正立面图

深，如晋祠献殿（图5-6-1）。北宋的酒楼、商店、戏台等公共建筑类型，随着南北的往来，也传到河朔一带金人统治区域。在山西省侯马市发掘出的董氏二号墓中雕出舞台模型，不独是我国戏剧史珍贵资料，其山花屋顶向前的形象，柱、枋、斗栱的手法也是说明当时建筑技术上受到北宋文化影响的间接例证。

金代后期木构遗物较少。金代前期的不少结构手法，后期仍在使用，并延续到明、清时代，例如撩风抟下通长的挑檐枋，阑额出头的雕饰（清官式术语叫霸王拳）等。

一 单体木结构建筑物特征的探讨

（一）平面柱网

仅存的十余座金代木结构佛殿遗物，大多数集中于山西境内，大体可以分为两类：一类是小型佛殿，其台基平面多为正方形或接近正方形，砖砌台基之上，排列着宽深各三间的柱网，前方中央设踏跺四或五级以便登临，这反映了当时南起汝州，中经潞州、泽州，北止代州的一般佛殿布置。另一类是大型佛殿，其台基平面为长方形，宽深比例有大小之不同，善化寺山门宽五间深二间，佛光寺文殊殿宽七间深四间。金代单体建筑的平面柱网使用减柱、移柱的作法和辽代同。由于柱数既减，梁架排列随之而变化，建筑内部反而避免了雷同单调，这种做法非独辽金盛行，元明也在沿用。

（二）木构架

对于宽深各三间的佛殿，其木构架用“六架椽屋，四椽栿对乳栿用三柱”形式（图5-6-2）。

这是参照《营造法式》第三十一卷“厅堂图样诸例”所拟的称呼。特点如下：

1.屋架前后对称，各三步架，是为六椽屋。

2.屋架脊步大多是蜀柱与叉手并用；其他步架都有托脚支撑，蜀柱与梁栿交接处多用合楷而少用驼峰。

3.山面一般呈现为三间四柱，从当心间横剖面看，则减去前内柱。乳栿伸过内柱，伸出部分斫作楮头以承四椽栿，使前后主梁相互制约。

对于七开间的大型佛殿，其柱架侧样和《营造法式》厅堂图样中的“八椽屋前后乳栿用四柱”极为接近。

（三）斗　　栱

金代斗栱进一步追求华丽，以致给人以繁琐的感觉。女真族在短短的十余年间，取得辽阔的领土，统治者在建筑外观上追求壮丽，以此夸耀，相沿成风。金代木构遗物不多，但斗栱形制从四铺作单昂到七铺作双抄双下昂都有遗例。试分析如次：

（1）斗栱布置：小型佛殿开间比较小，补间只用一朵，或者在第一层柱头枋上隐出翼形栱。若佛殿开间较大时，补间最多用两朵，布置比较疏朗。

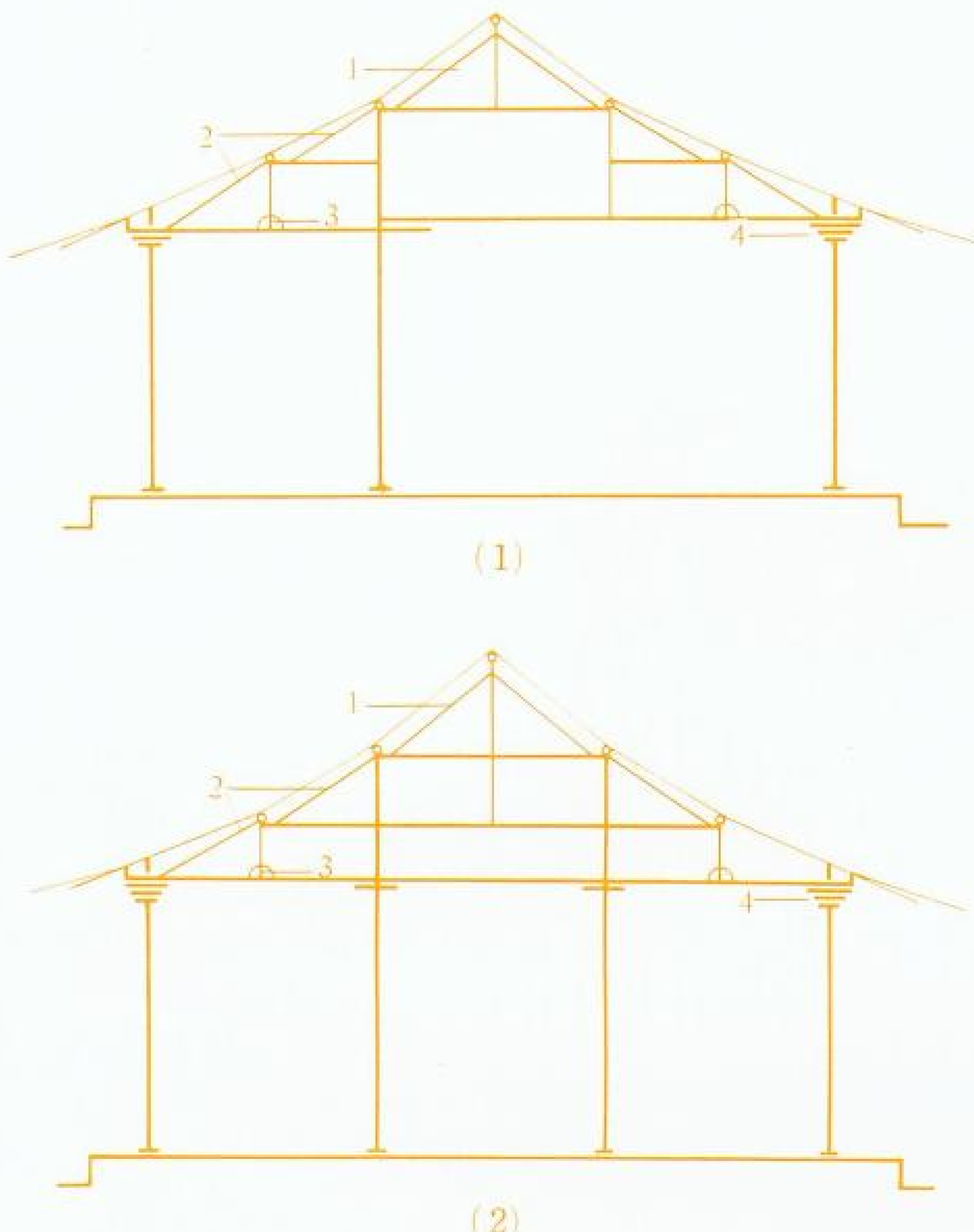


图5-6-2　六架椽屋柱架侧样示意图
（1）三柱式；（2）四柱式
1.叉手；2.托脚；3.驼峰；4.斗栱

（2）分件雕饰：下昂上皮，多数刻作琴面昂，少数做成批竹昂。耍头出头多采取和下昂相同的式样。大同金代建筑的耍头出头与《营造法式》所记的蚂蚱头相近。有些建筑物上，在耍头出头部位将蚂蚱头式与昂式并列。栌斗、散斗的斗欹部分有明显的内䫜；讹角斗是潞泽一带习用的手法，可能是北宋的影响。

（3）斜栱：比较普遍地使用斜栱是金代建筑一大特点，虽然斜栱在辽代已经出现（例如大同下华严寺薄伽教藏殿），但金代比辽代更为普遍，十三世纪中，金亡元兴，斜栱渐少使用。

斜栱的排列，在平面上或与主轴线成45°，或与主轴线成60°，有的斜栱内外对称，依杠杆原理，可起支撑檐部重量的作用。由于支点增加，荷重分布比起一般斗栱更均匀一些。但如斜栱的后尾或前端没有对称地延长时，均匀分布荷重的优点就没有了，如大同善化寺三圣殿的次间补间铺作，外侧每跳交互斗上都出45°斜栱，而向内侧对称延长的只是栌斗上的两缝斜栱，从结构观点看，是不合理的，外观上也显得繁琐（图5-6-3）。

由于斜栱的使用，撩风槫下支点加多，支距变近，这就促使替木相连，形成贯通全间的扁平的挑檐枋；金代以后，斜栱之制废去，而挑檐枋却保留下来，后来逐渐形成1：2的狭高断面。

随着斜栱的使用，内外跳头上的横栱栱头（包括栱上的散斗）也不得不随着抹料以取得调和一致的外观。附带指出，这种横栱抹料的做法直到明代，在宣化、天镇一带还保留下来，虽然当时斜栱已不再使用。

(四)柱　　枋

木制檐柱、内柱多属圆形断面，砖塔仿制也成圆形，只是潞泽一带山区，或以地产石材关系，

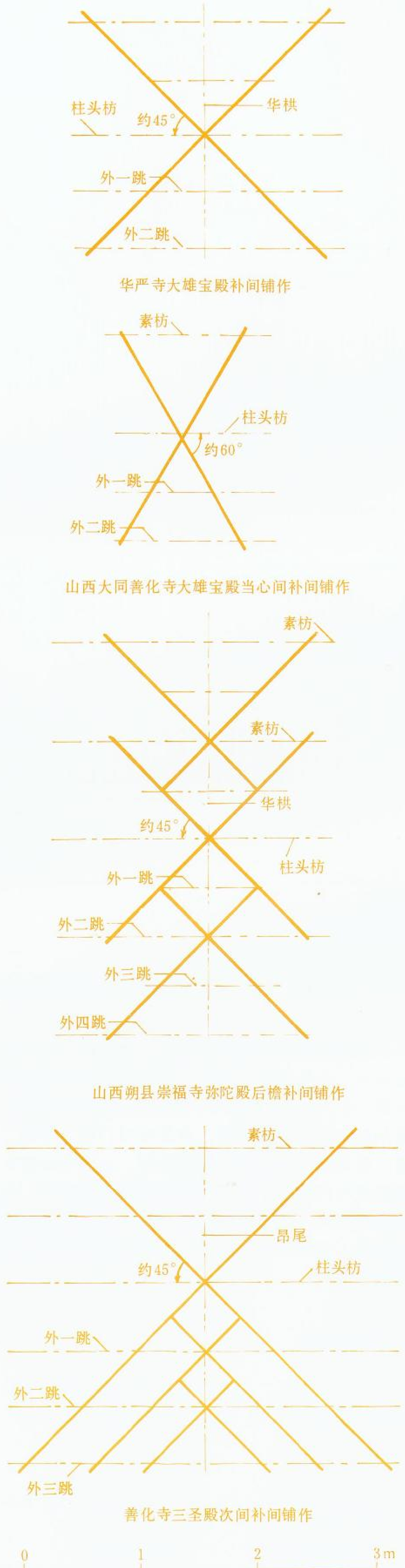


图5-6-3　斜栱布置比较图

常在当心间施用八角形断面的石柱。一般柱列有显著的侧脚与生起。

柱头之间联系用的普拍枋和阑额的联合断面成丁字形，普拍枋断面的宽厚比约为3：2，与《营造法式》规定接近。阑额出头处常做出线脚，似霸王拳，而如辽式垂直截割者较少。

(五)梁架构件

金代单体建筑物的梁架下部，一般多不装天花板；五台佛光寺文殊殿开间七间，也只是当心间佛像附近使用天花藻井，其他各间是彻上露明造。

各缝槫下的襻间，和《营造法式》规定的比较，稍有差异，宋式襻间多系隔间上下相闪，金代则是各间通长，而且每缝槫下所用襻间层数不一。

在金代叉手和托脚的使用比较普遍；有的托脚长达两步架，如朔县崇福寺观音殿，五台延庆寺大殿两例。

合楂与驼峰都是蜀柱、横梁相交处的扶持构件。金代在脊槫下的蜀柱柱脚处开始使用合楂，但上下平槫之下，蜀柱与横梁相交处则仍用驼峰。明代以后，合楂就变成方直的角背了。

(六)桁架雏型的出现

由于金代建筑平面上采取了减柱、移柱的做法，主梁荷重不能直接传到立柱，常常是前檐内柱之间的大额要承受主梁传来的巨大荷重，当时使用近于桁架的大额以解决承重问题。桁架雏型的实例可见于朔县崇福寺弥陀殿和五台佛光寺文殊殿两座开间较大的木构遗物中。

以崇福寺弥陀殿为例（图5-6-4）：

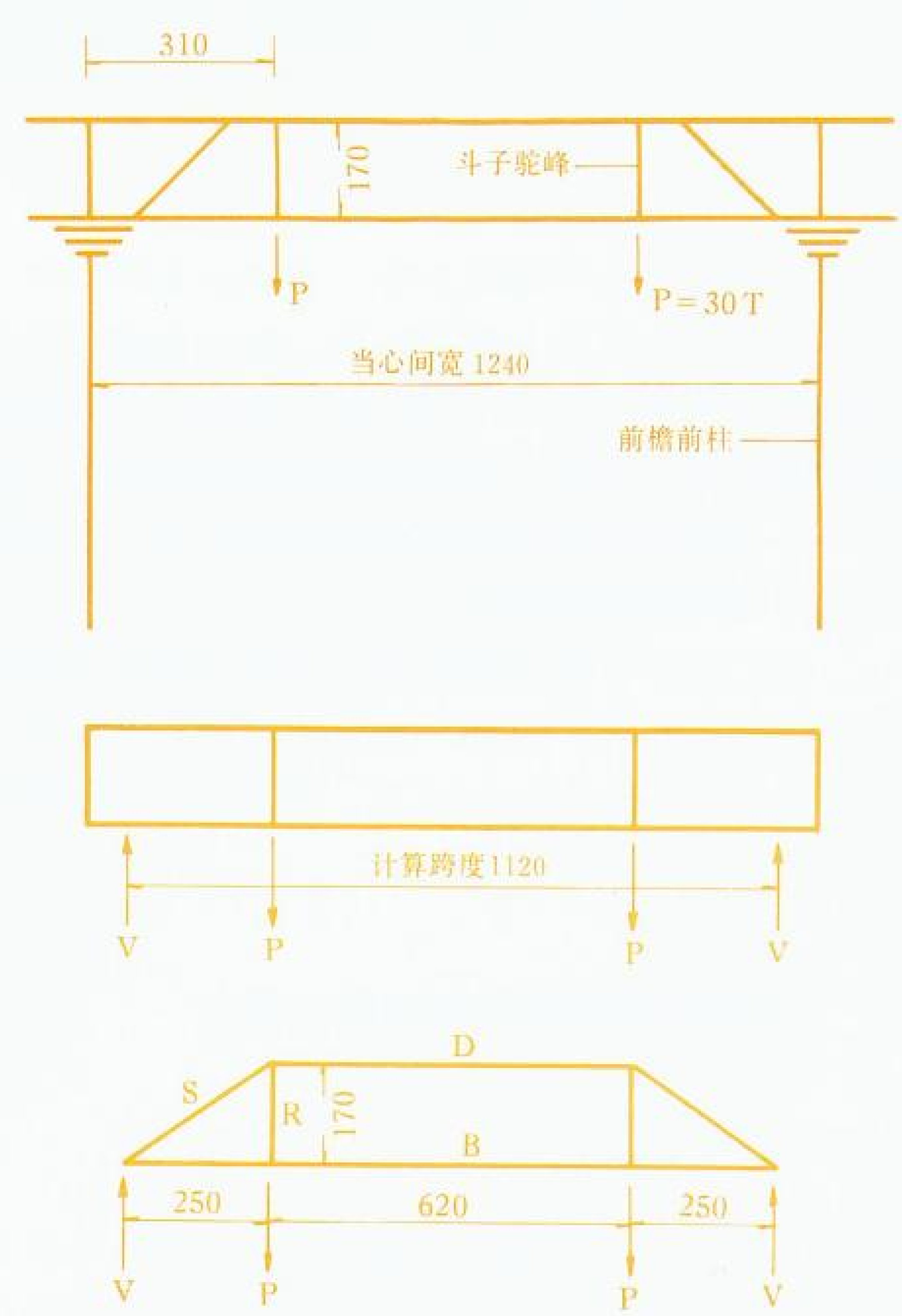


图5-6-4　山西朔县崇福寺弥陀殿横枋受力分析（单位：厘米）

该殿当心间的两根主梁（依《营造法式》可称为四椽栿）的荷重没有直接传到前檐柱上，而是使用了上下两根横枋（D、B）（依《营造法式》可称为内额与由额）、斗子驼峰（R）以及约45°的斜材（S）（依《营造法式》可称为叉手），共同把主梁荷重向金柱传递。为了降低下横枋端部的剪力影响，柱上端还加用两道悬臂梁（依《营造法式》可称为绰幕枋），承托在横枋与金柱之间。

若只由横枋受力时，下横枋受力较大，根据静载估算，约需断面30厘米宽，130厘米高、但若添用斜材，使D、B、R、S形成桁架时，下横枋只要30厘米见方即可敷用[1]。

实际上，斜材的使用没有达到桁架要求，如断面小，轴线方向不正等，以致下横枋目前有弯垂现象。

尽管崇福寺弥陀殿前檐金柱间的横枋结构还是不完全的桁架，但在八百年前的金代出现了这样的实例，是在木结构技术发展过程中的一种创造。

二 金代木构遗物

(一)五台县佛光寺文殊殿

在山西省五台山佛光寺内保存着两座较古老的单体建筑物，一座是唐建，一座是金修，金修的一座就是文殊殿。

文殊殿是佛光寺前院的一座配殿，宽七间，深四间，座北朝南，悬山屋顶。前檐七间的当中三间各用两扇五路门钉的版门。两侧各一间用槛墙、直棂窗；再外两侧砌厚重的檐墙与山墙相连。外观朴素，殿内却给人以空旷的感觉，这是由于大量减去内柱的缘故。

文殊殿的木构架属于《营造法式》卷三十一"八架椽屋，前后乳栿用四柱"的类型，由于减柱、移柱的作法，上部屋面荷重需由内额传递，出现了桁架梁式的结构。殿内后槽只在当心间使用了内柱两根，内柱与山柱之间的内额，长贯三间，跨度达14米余，其内额与由额只使用48×33厘米断面的构件，上下额之间立侏儒柱两根，辅以合楷以承乳栿的后尾；侏儒柱顶端使用了一根通连的枋木，枋木两端更用叉手支撑，这样，就形成了梯形构架。这是一个大胆的尝试，也是一个罕见例证。

文殊殿前后檐下的斗栱使用斜栱。前檐当心间和次间的补间铺作都是在五铺作重栱造的基础上加用斜栱。从硕大栌斗口内，伸出三缝华栱，一缝正出，两缝45°斜出，这三缝华栱之上各出第二跳，而正出华栱之上更加以斜栱两缝，于是，第一跳共有栱斗三缝，其上横施云形栱；第二跳出栱头五缝，其上横施令栱；每缝之上端又出耍头，和令栱平交，其居中三耍头雕作麻叶云，两侧者雕为蚂蚱头。

殿内榑下题有金天会十五年重修字样，和上述建筑特征相比较，可以认为金修以后，没有受到大的改动。

(二)朔县崇福寺弥陀殿与观音殿

崇福寺在朔县东门里，是一处较大的建筑群，现存有山门、天王殿、钟鼓楼、藏经阁、文殊殿、地藏殿、三宝殿、祗园坊、左右禅房、弥陀殿和观音殿等单体建筑物。从建筑特征看，大部是明、清增修，只有弥陀殿和观音殿为金代建筑。

1. 弥陀殿（金皇统三年，1143年）

平面柱列，宽七间，深四间，通面宽和通进深各为40.94米和22.30米，尺度宏伟（图5-6-5），在雁北地区，仅次于大同华严寺大殿和大同善化寺大殿，居第三位。加之，下有高大的阶基，前出宽广的月台，檐下繁复的斗栱，屋顶奇特的吻饰，使得弥陀殿成为全寺最引人注目的单体建筑物（图5-6-6）。

和佛光寺文殊殿相仿佛，弥陀殿的平面柱列上也使用了减柱、移柱的手法，前檐内柱比后檐减少了两根，由于柱位的移动，明、次间四缝四椽栿前端的上部荷重，需要利用加长的内额传递到柱身，其中，中央内额跨度是12.45米，左右内额跨度是8.70米。对于这样大的跨度，只由一根宽32厘米（中宽37厘米）、高41厘米的内额势难承担四椽栿以上的荷重，所以，内额之下又安置了由额。由额是由宽31厘米、高51厘米和宽31厘米、高22厘米两根枋木叠梁组成。在每缝梁架的直下方，内额与由额之间使用斗子驼峰，以承托前檐乳栿后尾，两侧并用叉手，以使内额上的荷重更好地向柱身传递，这样，便形成一个不完全的构架梁（图5-6-7）。

弥陀殿的木构架是"八椽屋，前后乳栿用四柱"（图5-6-8）。内金柱柱头与四椽栿之间只用十字华栱一层承托，而不是唐辽所见的庞大的内檐斗栱，然而，外檐斗栱却呈现为繁复的外观。以前檐柱头铺作为例，这是七铺作重栱双下昂的作法。从栌斗向外，正面出华栱两跳，更施下昂一对；复自栌斗两角在45°斜线上左右各斜出华栱两跳，跳上施用蚂蚱头式耍头。第二跳华栱跳头复左右斜出华栱两跳，跳头上各用蚂蚱头式耍头，与正面的批竹昂式耍头并列，与挑檐枋相交，上承撩风榑。繁复的斜栱，到金代差不多达到了顶点，无论木构建筑物还是仿木构砖塔上，使用极其广泛，但自金以后却很少用之（图5-6-9）。

2. 观音殿

观音殿，宽五间，深三间，单檐歇山顶。檐下斗栱制度简单，斗栱细部比例与《营造法式》相近。内檐梁上用长大的叉手，与正定隆兴寺的转轮藏殿梁架仿佛。观音殿的历史价值虽不及弥陀殿，从结构来看，却是一座不可多得的精品（图5-6-10）。

(三)大同善化寺三圣殿（金皇统三年，1143年）

善化寺在山西省大同市南门里，为辽金时期

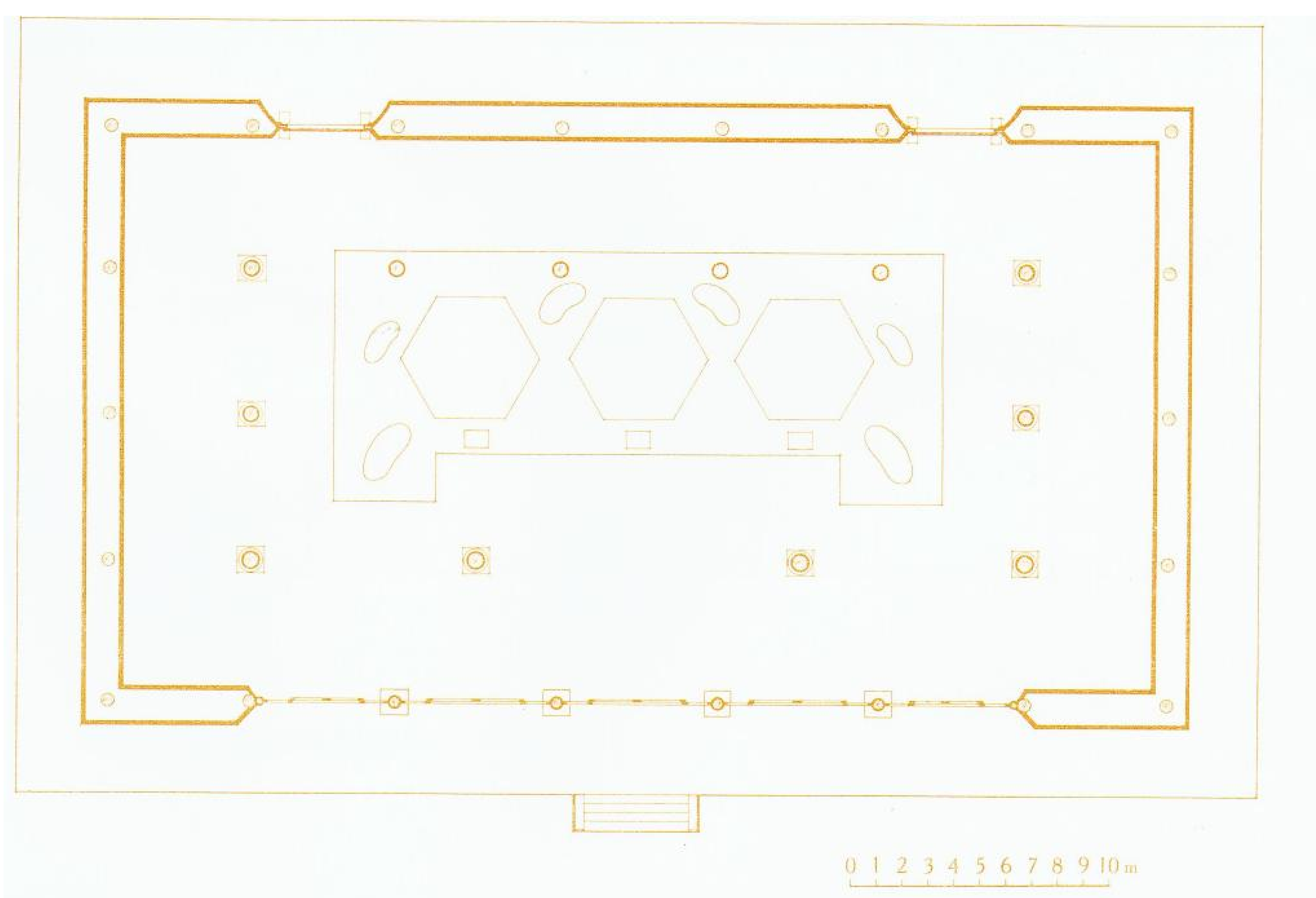


图5-6-5 山西朔县崇福寺弥陀殿平面图

1）节点荷重估计为30^T。

B杆件受力有两种情况：

a）在未使用S杆件时，B与D考虑为复梁共同承受弯曲力。

弯曲力矩$M=30^T\times 2.5^M=75^{T-M}$，

当B杆件断面增到30×110厘米时，

相应断面系数$f=1/6\times 30\times \sqrt{30}^2=85\times 10^3$，

此时可抗力矩$=85\times 10^3\times 90=76^{T-M}$（>75）。

b）加用S斜料后，B杆件仅受拉应力

$T_b=\dfrac{30^T\times 2.5^M}{1.7M}=44^T$

此时B杆件断面用到30×30厘米时=81000（单位），可抗拉力$30\times 30\times 90=81^T$（>44）故已安全。

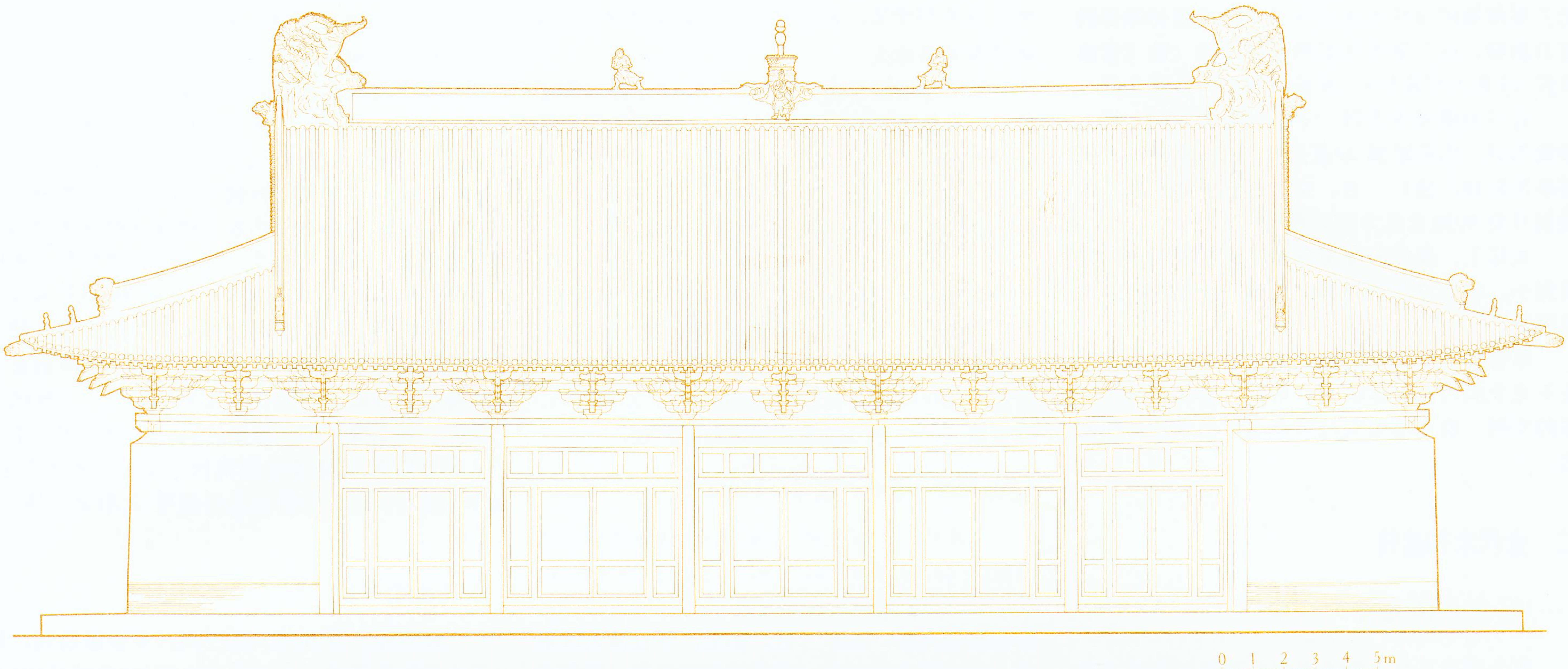


图5-6-6　山西朔县崇福寺弥陀殿正立面图



图5-6-7　山西朔县崇福寺弥陀殿纵断面图

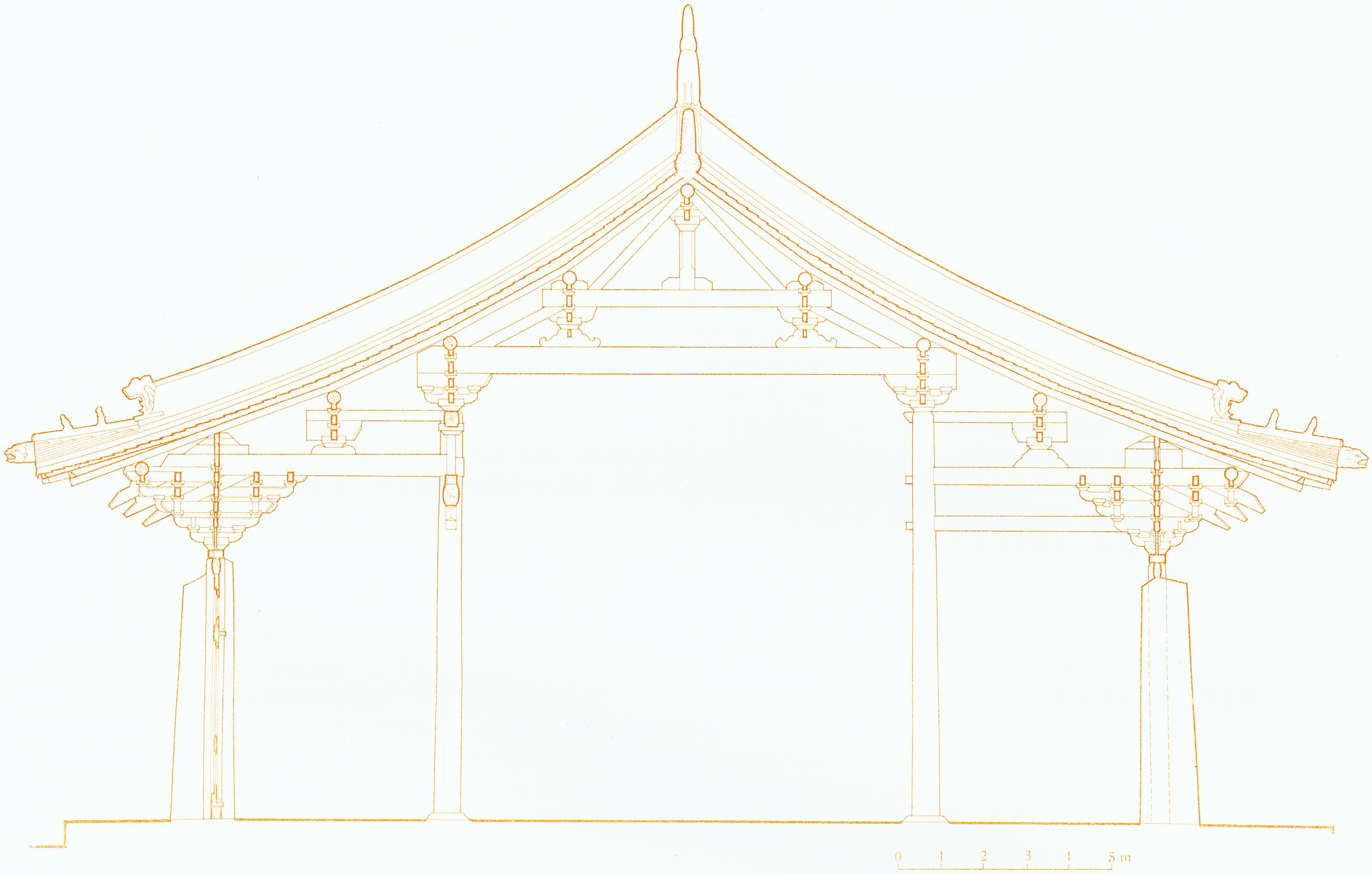


图5-6-8 山西朔县崇福寺弥陀殿明间横断面图



图5-6-9 山西朔县崇福寺弥陀殿梁架剖视示意图

1.蜀柱；2.叉手；3.平梁；

4.四椽栿；5.大内额；6.大由额

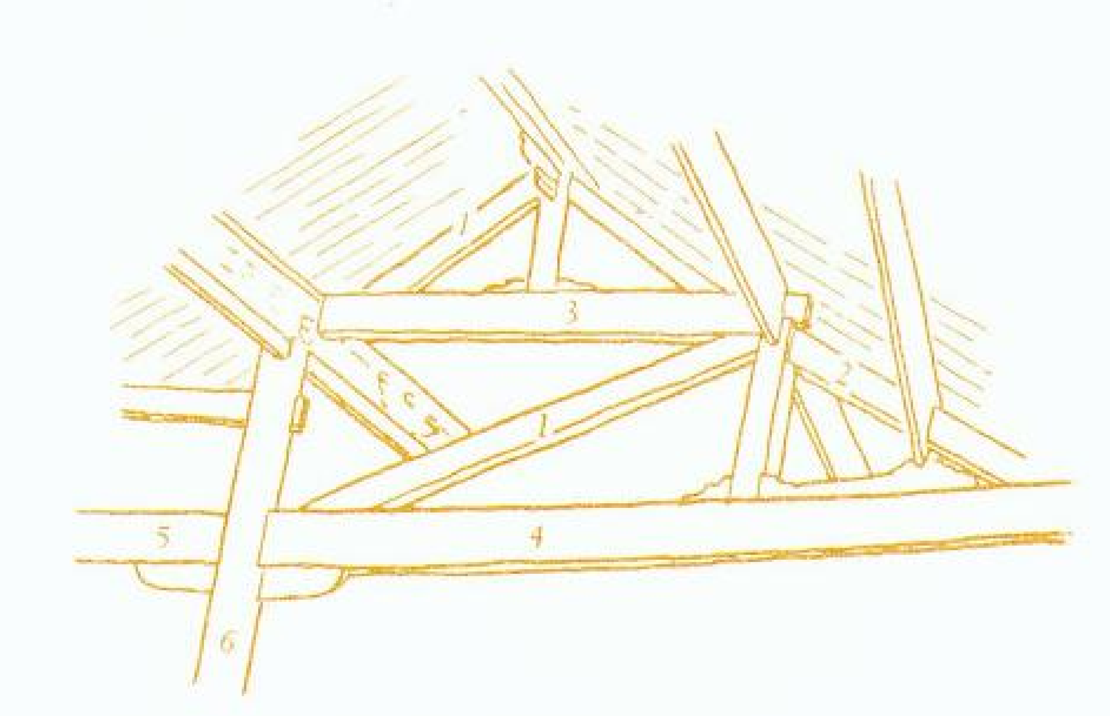


图5-6-10 山西朔县崇福寺观音殿梁架剖视示意图
1.叉手；2.托脚；3.平梁；
4.四椽栿；5.乳栿；6.金柱

的名刹。现在，全寺还保存着大殿、西朵殿、普贤阁、三圣殿、天王殿等几座辽金时期的建筑物，而三圣殿反映出金皇统年间建筑特点最为明显。

三圣殿，殿宽五间，深四间，其通面宽与通进深分别是 32.30 米和 19.28 米，平面柱列也采取了减柱作法，即当心间只在后檐用了两根内柱，而次、梢间的内柱却比当心间前移了一步架，布置颇特殊。

斜栱在三圣殿次间补间铺作的使用最为显著，从硕大的栌斗口向外，正面出华栱三跳，其次自栌斗两角，在 45°斜线上，左右各斜出华栱三跳至跳头，与正面华栱出跳跳头并列。继之，在第一跳华栱跳头，复左右斜出两跳；第二跳华栱跳头也左右各出一跳，都出到与第三跳跳头并列为止，这样，在第三跳正斜华栱之上，计有耍头七，排比并列，与特别加长的令栱相交，而承于撩檐枋之下。三圣殿的斜栱结构不仅比本寺大殿和普贤阁为复杂，而且比崇福寺弥陀殿、佛光寺文殊殿也显得繁赘。

在当心间、梢间及山面，补间铺作的结构是六铺作单抄双下昂。其中，华头子的使用，琴面昂的手法，以及下昂后尾的轮廓线，均与《营造法式》相似。

三圣殿的木构架不见于《营造法式》，但可借用“八架椽屋，乳栿对六椽栿用三柱”说明其大概。当心间的六椽栿，位于前面檐柱与后檐内柱之间，由上下两根料拼为复梁。下一根高两材一栔，置于华栱之上；上一根高两材两栔，外端斫为耍头。六椽栿、乳栿相交于内柱中部偏上处，下以硕大的雀替承托。梁架举高角度为 33°余，屋面显得高峻，各槫缝的水平距离不均等。角柱与平柱之间，生起显著，从平柱开始，在槫上施生头木，使檐口成一缓和的起翘曲线。

第七节　元代木结构

一　元代的建筑概况

蒙古族原是一个游牧部族，生活在大草原上，以“黑车白帐”为家，毡包和庐帐是通用的居住建筑，自元朝建立后，大力吸收汉族先进文化，采取中原地区传统的封建制度。从 1264 年起，创建了举世闻名的大都（今北京）。

元代，北方除了辽、金、西夏时期原有的城市外，又出现了一些新的城市，其中重要的如上都（今内蒙古锡林郭勒盟正兰旗）。这座城市内矗立着许多雄伟华丽的宫殿和寺庙建筑，有的宫殿全是用大理石修建的，有的宫殿则通体是竹子构成并且可以移动。木构殿阁建筑上绘有各种壁画，描绘着各色鸟兽花木的图案以及精巧的雕刻装饰，有着浓厚的民族特点，显示了劳动人民的高度智慧。

元大都的宫殿建筑尤为雄伟华丽。据陶宗义《辍耕录》、肖洵《故宫遗录》等文献记载，殿阁门原以名贵的紫檀、楠木作梁柱；以白玉石雕制台基、栏版；以浚州文石铺地；以翠色琉璃装饰檐脊；屋盖并冠以鎏金宝顶。金红琐窗，柱楹饰以起花金龙云，殿内多用斗栱攒顶，雕镂龙凤、遍涂金彩。复有畏吾尔殿、盝顶殿、圆殿、棕毛殿及龟头屋等奇特罕见的建筑物，真是争奇斗艳，丰富多彩。当时经始设计者，如也黑迭儿（大食国人）、张柔、段天祐、杨琼、邱士亨、李郝宁、憨剌令儿及养安等人，都是一代名匠。尤以杨琼世为石工，技巧绝伦，在两都宫殿的建筑活动中，曾作出了卓越贡献。

蒙古统治者对于宗教采取兼容并蓄的态度。虽然他们笃信佛教崇敬喇嘛，但也容许道教、伊斯兰教和也里可温（即基督教聂思脱里派）的传播。因之，宗教建筑相当发达。除了继续修建佛教和道教建筑外，许多地方还建造了不少喇嘛教

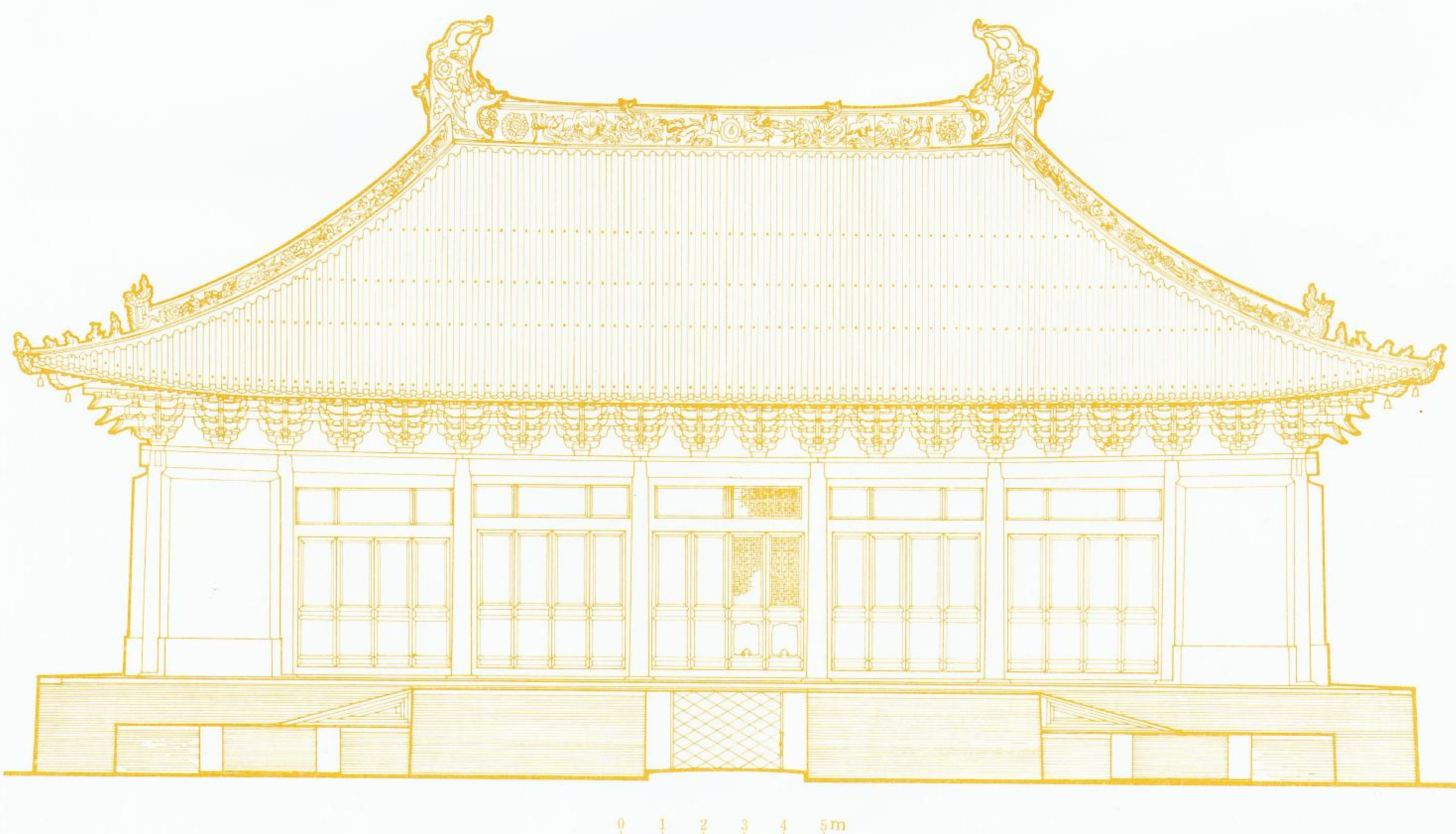


图5-7-1 山西芮城永乐宫三清殿正立面图

寺院和伊斯兰教礼拜寺，开始与内地传统建筑相结合，产生了若干新的装饰题材与雕塑、彩绘的新手法。经过相互交流，给中国建筑的技术与艺术增加了不少新的因素。

二 元代木构遗物

(一)大型殿座

1.芮城永乐宫三清殿

永乐宫是元代道教建筑的典型。原来规模很大，现在中轴线上还保存着四座元代建筑——无极门（龙虎殿）、三清殿、纯阳殿和重阳殿。其中以三清殿最为壮丽。

三清殿，建于元中统三年（1262年），是宫内最主要的建筑。殿为单檐庑殿顶，屹立在一个高大的台基上，造型比例和谐匀称（图5-7-1）。大殿面阔七间（共28.44米），进深八椽（共15.28米）。平面柱网，仅后半部用金柱，两梢间及前檐第二槫缝下的金柱皆减去不用（图5-7-2）。

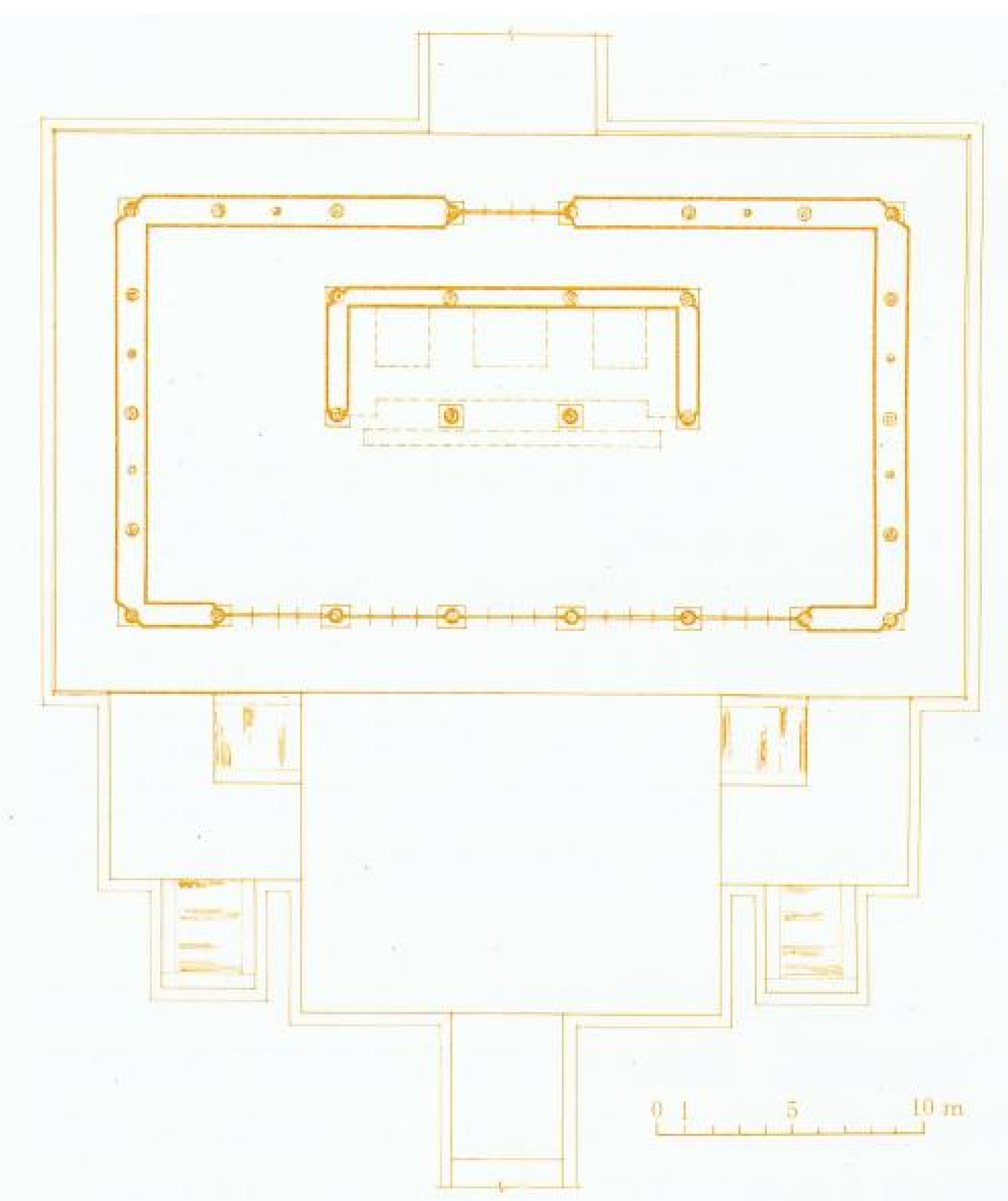


图5-7-2 山西芮城永乐宫三清殿平面图

屋架侧样当心间和两次间，为“四椽栿相对，前后用四柱”。以两根四椽栿相对搭在中柱头上，类似于“殿堂六铺作分心槽草架”侧样。殿内柱头以上，前后槽施平棋，内槽施藻井。平棋以下用明栿做法，平棋以上用草栿做法，仍保持着唐、宋时期的传统。

前后四椽栿上，俱按对称方式设置蜀柱和柁墩，然后由下至上，逐层叠架扎牵、四椽栿和平梁。平梁上立蜀柱，两侧施叉手，脊步坡度虽然陡峻，但由于采用了三角形构架，故正脊部分具有很好的稳定性。

各层横梁上所施蜀柱，不用驼峰承垫，而是将柱脚截开双榫，直接插入梁脊。同时，使用“合楷”来稳定柱脚，已具明代“角背”的雏形（图5-7-3）。

纵向结构由于东、西两梢间的柱网布局采用了减柱做法，因此，在山柱与内柱之间，各施用长达四椽的丁栿，以承载山面的屋架。脊槫下面皆使用顺脊串，以资联结合缝屋架。在处理手法上，采用隔间相闪的做法，以使节点结合得更加牢固。至于上、中、下三缝槫木，节点部分皆使用“替木”，以增强榫头的抗剪强度，不失为一种简洁有力的措施。

还有左右两坡，中平槫与四椽栿之间施顺扒梁一只，长两椽。上置驼峰、栌斗，用以承载上平槫。为了使正侧两面的屋架取得和谐的坡度，扒梁特地采取前低后高之势，处理手法因地制宜，具有很大的灵活性（图5-7-4）。

值得注意的是，檐柱缝上不用牛脊槫，檐椽的头尾分别搭在撩檐槫和下平槫上，从而周檐共节省了槫木二十二根，在结构手法上还保持了辽、金时代的传统。

屋面举折比例为1:3.3。与《营造法式》规定八架椽屋举高1:4相比，该殿屋面坡度比较陡峻，反映了元代匠师的审美观念。山面梁架结构，因正脊两端无“推山”，不用雷公柱和太平梁；但整个屋顶造型，比例和谐，轮廓秀美。

下架大木内柱仅高出檐柱一足材，采用柱头斗栱来调节高低差，使内外槽的层高相等，还保持了唐、宋殿堂建筑的遗制。外檐的平柱和角柱皆有“侧脚”和“生起”。侧脚尤为突出，超过1%。值得注意的是，平柱高度都超过了开间的宽度，打破“柱高不越间广”的传统习惯。

前后檐柱、金柱和山柱直径均为50厘米（两材一栔弱），角柱直径55厘米，可以看出所有角柱都比较粗壮，有利于增强屋角的刚度。此外，在两山墙和后檐墙里面还埋设着直径25厘米的支柱六根。这是由于殿内四角各有抹角梁一根，两端都搭在阑额上，荷载量很大，为防止阑额压折，特意采取顶柱加固的措施。

外檐斗栱为六铺作单抄双下昂重栱造。里侧出三卷头，耍头后尾斫成楷头，用以承托四椽栿。材高20.7厘米，厚13.5厘米，属于五等材。补间铺作用两朵。工艺制作极工整，斗栱的形式和尺度比例与《营造法式》规定几无区别。因为檐的前金柱和中柱皆高于檐柱，故柱头斗栱采用五铺作双抄重栱造，以资取平。铺作的最上层各施足材耍头一只，斫成楷头形状，用以承载四椽栿，对于加强梁端的抗剪应力颇起作用，因之，在内外檐斗栱中广泛使用楷头，是一项经济有效的技术成就。

从总体来看，该殿木结构可称是元代工匠技术的杰出成就。

2.洪洞广胜寺下寺后殿

山西洪洞广胜寺位于霍山南麓，是元朝佛教建筑的重要遗构，广胜寺分上、下二寺：上寺在山顶，下寺在山脚。全寺的建筑基本上都是元朝大德七年（1303年）地震后重建的（图5-7-5）。其中木构建筑六座（下寺四座、上寺两座）都不同程度地具有元代特征，不过年代有早有晚。这些建筑遗构都出自当地的民匠之手，不仅结构类型多样，而且富有创造性，地区性的技术特点十分突出。

下寺后殿（图5-7-6），重建于元至大二年（1309年），是全寺现存最古老的木构建筑。面阔七间（共27.88米），进深三间（共16.10米），八架椽单檐悬山顶。前檐正中三间辟门，东西两梢间设直棂窗，其余两山面和后檐俱用土坯垒砌厚墙。

1）平面：柱网布局采用减柱造。前槽次、梢

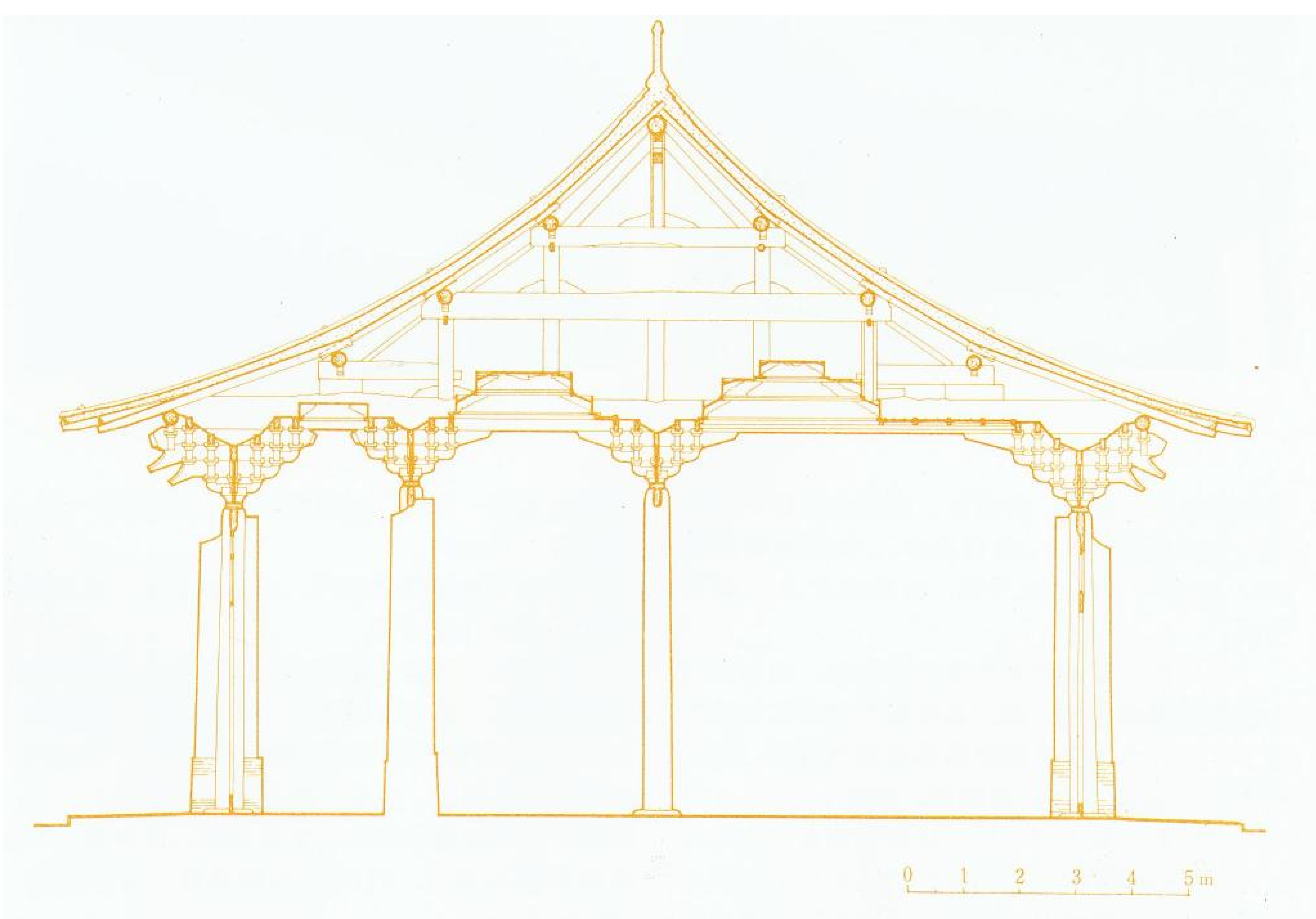


图5-7-3 山西芮城永乐宫三清殿明间横断面图

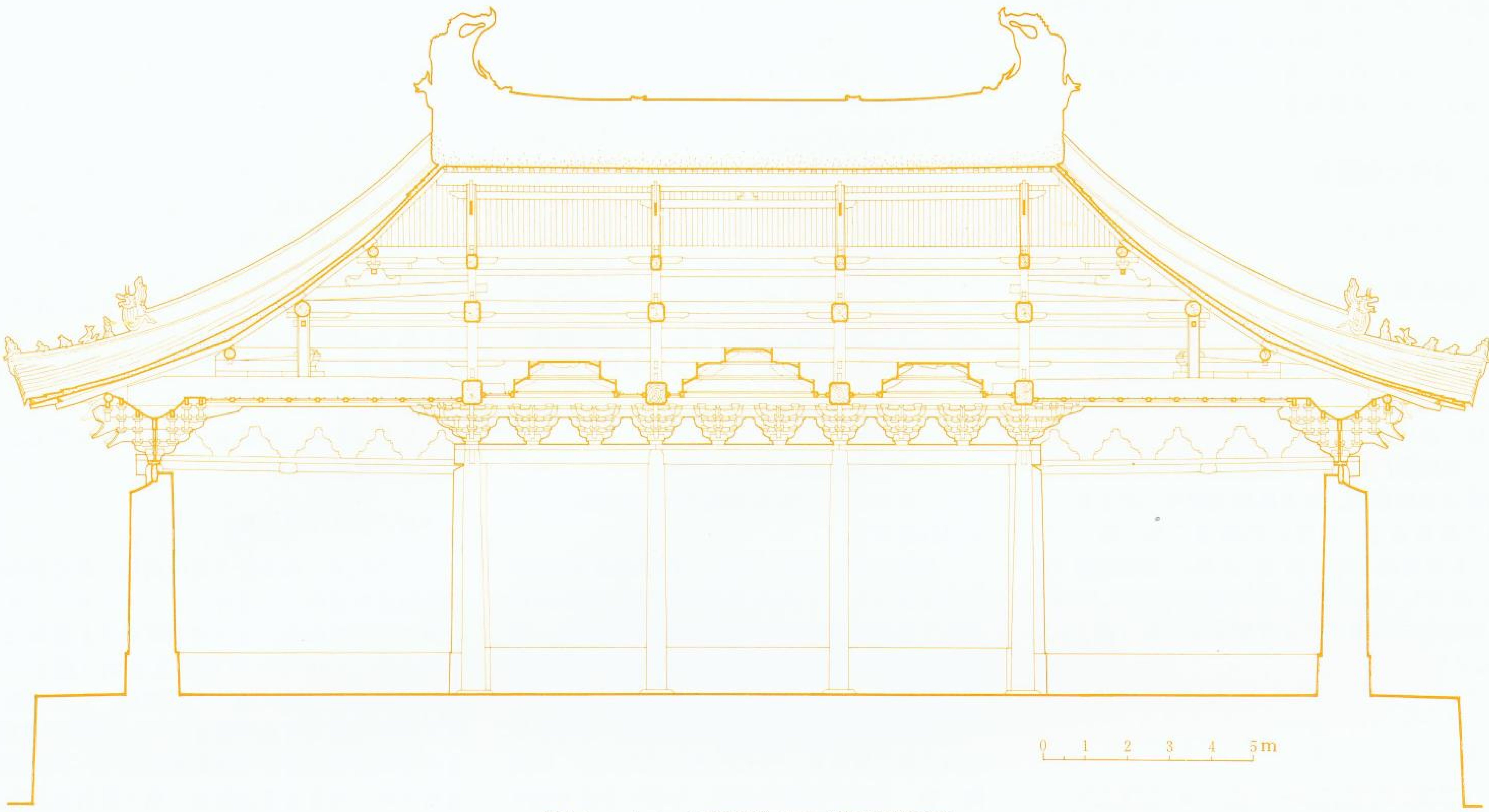


图5-7-4 （1）山西芮城永乐宫三清殿纵断面图


图5-7-4 （2）山西芮城永乐宫三清殿内部


图5-7-5 山西洪洞广胜下寺全景

间的金柱全部减去；后槽次、梢间合并用一根金柱，立在梢间中心（前槽现存二小柱系清代增添），使殿内只存内柱六根，有效地扩大了活动空间。

2)斗栱：五铺作单抄单昂重栱造。当心间柱头铺作后尾出华栱一跳，昂尾斫作楂头压在乳栿底下。次、梢间柱头铺作后尾出华栱两跳，耍头贴在斜栿底面。无补间铺作。单材 22×14.5 厘米，材广折元尺七寸一分；以宋制衡量，合四等材，“殿三间，厅堂五间则用之”；今与七间殿身规模相比，斗栱用材显然缩小了很多。昂俱为假昂，令栱上施替木承托撩檐榑。泥道重栱之上，只施柱头枋一层，其上相隔很远才置压槽枋一层，节省了一些木料。

华栱后尾横施翼形栱，或雕作云头，或雕作华头，式样丰富多采。

3)梁架：为彻上露明造。但所有大木构件皆用草栿作法，多用原木成造，不加修饰，横架侧样为“八椽屋前后乳栿对四椽栿用四柱”。各间四椽栿上皆用蜀柱、大斗承托平梁。平梁以上，用蜀柱，丁华抹额栱和叉手支承脊榑。所有蜀柱皆用榫卯插入梁背，柱脚用合楂夹持，非常简略（图 5-7-7）。

前后槽还广泛使用斜梁。如当心间的两缝乳栿上，各使用两根斜扎牵前后搭接，外端用驼峰，大斗墩㮇，以资隔架下平榑，后尾斜抵四椽栿底皮，起挑斡作用。至于次梢间，则用斜梁一根取代乳栿，外端置于斗栱上，后尾搭在内额上。斜梁背上复施斜扎牵一根，前端隔架下平榑，后尾穿过金柱缝，直抵四椽栿底皮，借以保持里外的平衡关系，在力学上起着杠杆作用（图 5-7-8）。

纵架结构由于殿内柱网分隔的间数少于梁架分隔的间数，致使次梢间的四缝梁架不能直接置于柱头上。设计人匠心巧运，大胆创造，于前后槽各用大内额和由额一根相叠，长达 11.50 米，架在当心间两侧的金柱上，用以承载上面两排梁架。后槽二金柱间复用枋子一根，两端出楂头，贴在由额下，起纵向联系作用。

当心间前槽的两金柱头上，复施普拍枋、阑额，作为纵向承重构件，各榑木下，皆用襻间枋作为纵向联系构件，采用间隔相闪做法。根据具体情况，或用令栱、替木，或用重栱素枋，处理手法比较灵活（图 5-7-9）。

柱生起与侧脚：角柱仅生起三寸，比例过小。外檐柱头皆微收相闪，仅当心间平柱有 0.2% 的侧脚，其余各柱仅有 0.05%～0.03% 的侧脚，几乎等于没有侧脚，可证此殿柱的生起和侧脚的幅度较宋、金建筑已大为缩小。同时，各间的檐柱高度都已超过了间广，致使殿身比例显得高耸。

屋顶举折为 1:3.25，较殿堂建筑 1/3 的举折略平一些。各缝步架的水平距离，由檐步至脊步采用逐缝递减的做法，与一般惯例不同。

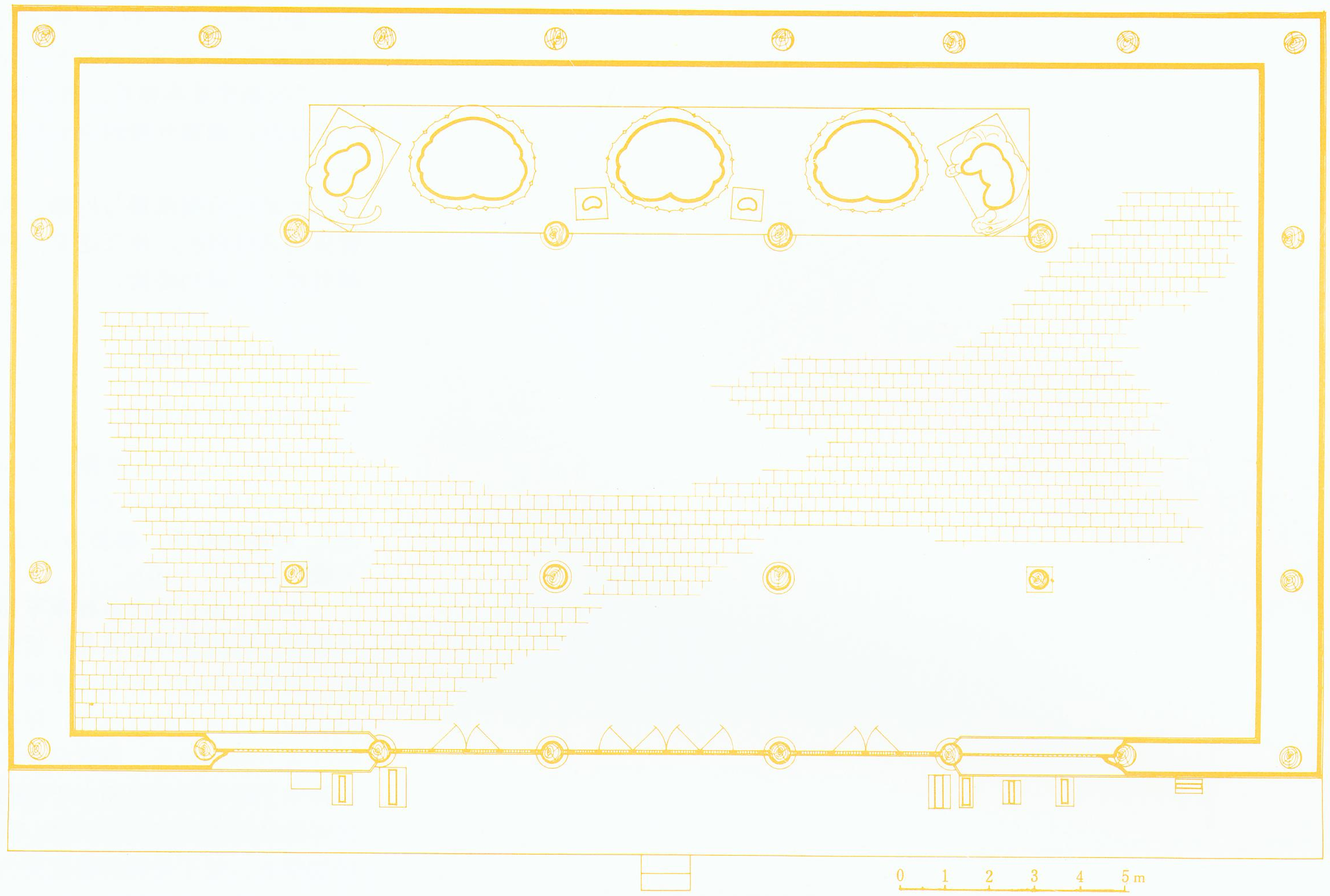


图5-7-6　山西洪洞广胜下寺后大殿平面图

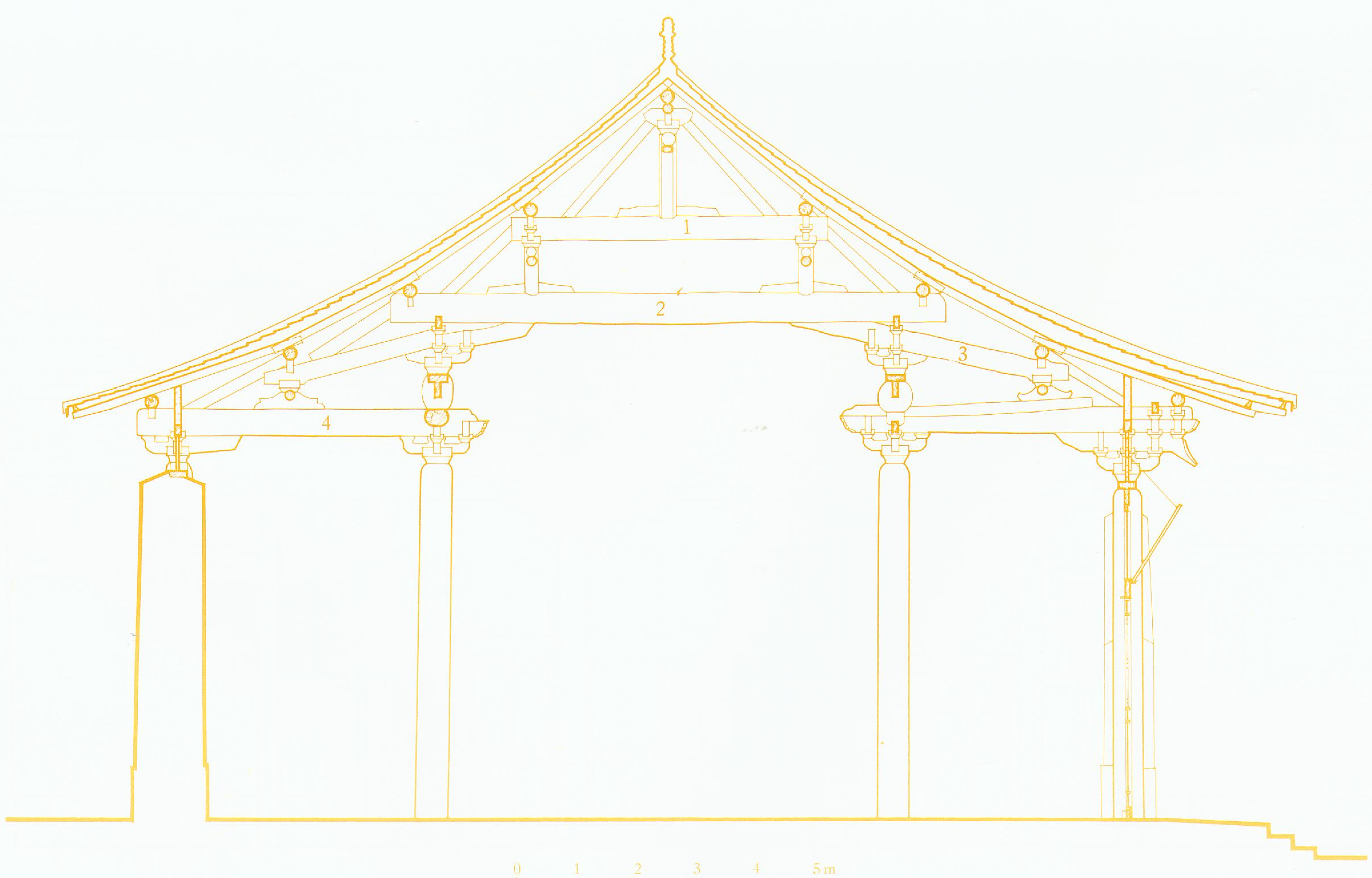


图5-7-7　山西洪洞广胜下寺后大殿明间横断面图

1.平梁；2.四椽栿；3.斜劄牵；4.乳栿

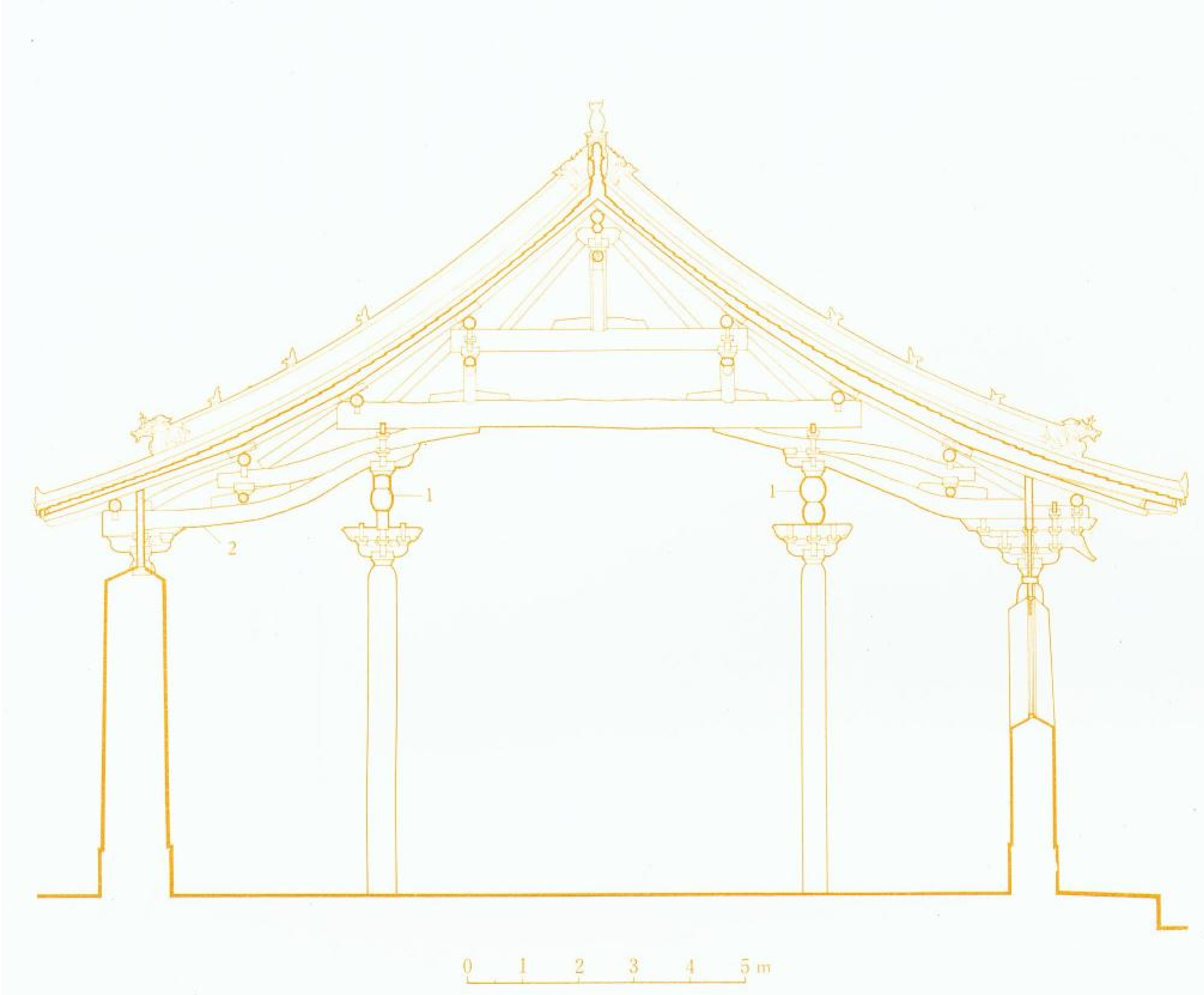


图5-7-8　山西洪洞广胜下寺后大殿东稍间横断面图
1.大内额；2.斜乳栿

悬山出际深1.66米（折元尺五尺一寸四分），与《营造法式》规定“八椽至十椽屋出四尺五寸至五尺”的制度基本相符。普拍枋伸出柱外部分，垂直截断；阑额外端斜杀成蚂蚱头形式，手法古朴。

大殿的后檐阑额与内额，凡与柱头交接部分皆采用透榫做法，相互迭交，隔间相闪，是在细部处理上的成功经验。

（二）中小型佛殿

1.芮城永乐宫无极门

无极门又称龙虎殿，是永乐宫原有的宫门。面阔五间（共20.68米），进深两间（共9.60米），单檐庑殿顶。举折为1:3.5，屋顶坡度比较平缓（图5-7-10）。

斗栱：为五铺作单抄单下昂，材高六寸，合六等材。补间铺作用真昂，后尾压在下平榑的下面，在结构上仍具有实际承挑作用。斗栱构件用材比例，大体上接近宋制，但也间有出入。例如檐柱头上所用栌斗，宽仅三十分，比例嫌小，但各种栱子的长度却都稍大于《营造法式》的规定，这可能是由于补间只用一朵，间距较疏朗，故此增加栱长，对于结构的稳定更为有利。

柱：檐柱径有粗细之分：如明间檐柱径两材，而四角柱往往则用两材一契；这是设计者有意识地选用粗料，以增加建筑物四角的结构强度。明间平柱高4.34米，大于开间24厘米，也突破“柱子不逾间”的传统习惯。檐柱都微向里倾，有



图5-7-9　山西洪洞广胜下寺后大殿前视纵断面图

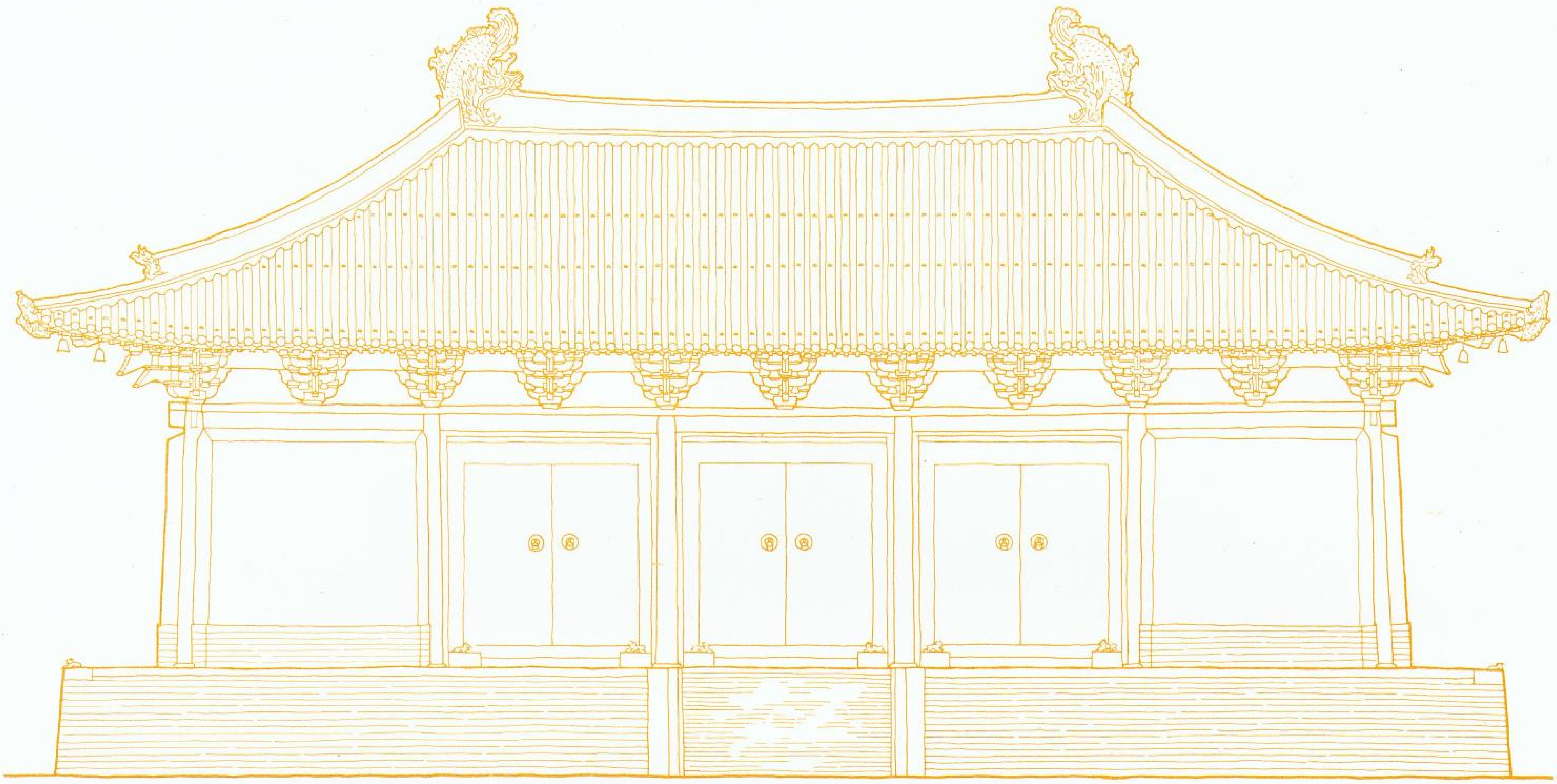


图5-7-10 山西芮城永乐宫无极门正立面图

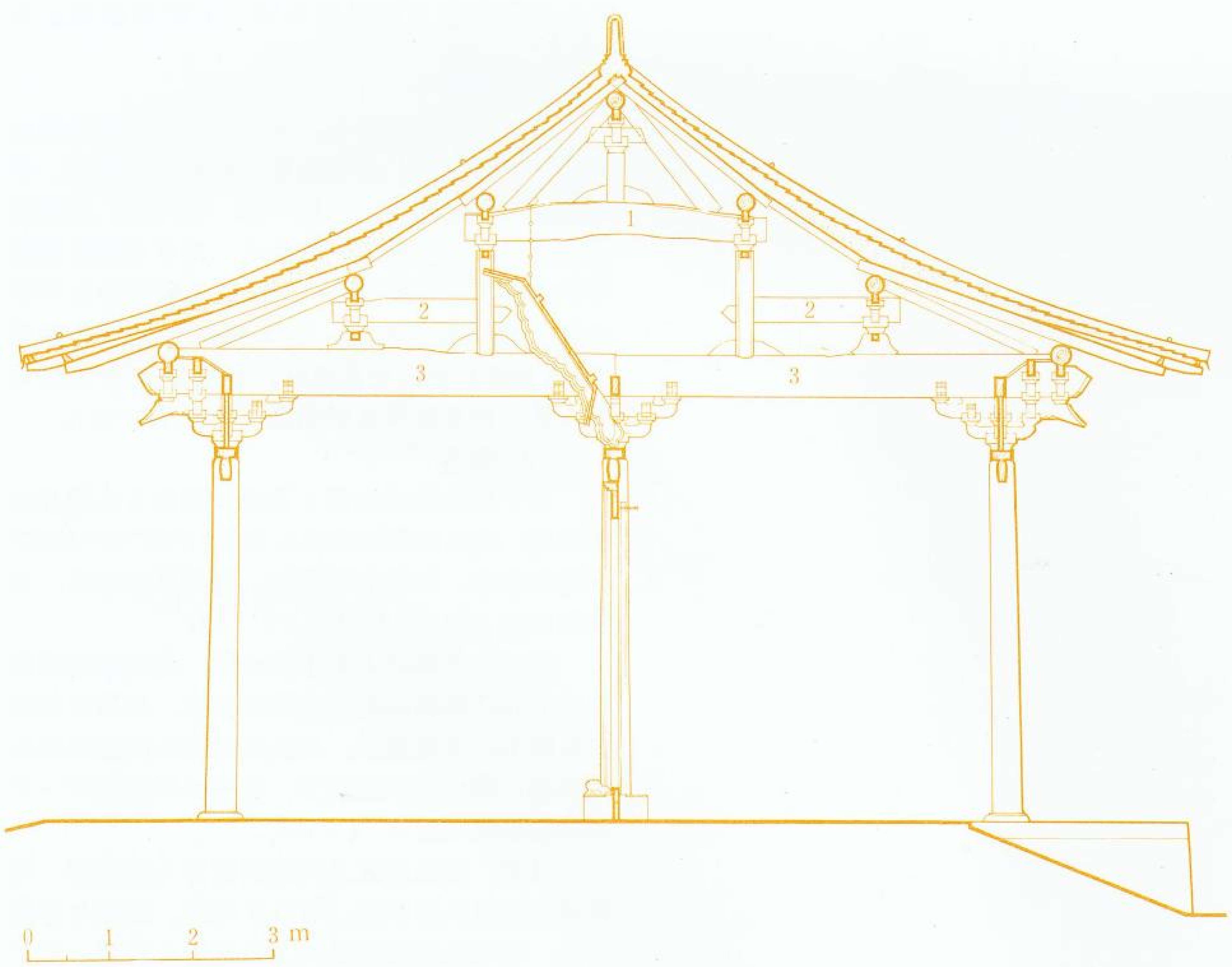


图5-7-11 山西芮城永乐宫无极门明间横断面图

1.平梁；2.劄牵；3.三椽栿

1.8%的侧脚，同时，四根角柱都较明间的平柱略高，“生起”5.7厘米，使周檐的阑额形成一条圜和的曲线，取得了轮廓秀美、重心稳定的造型效果。

梁架结构：为“彻上露明造”。进深六椽，柱架侧样为前后三椽栿用三柱。内外柱等高。中间竖立中柱一排，以内额相联贯。前后檐各用三椽栿相对，后尾搭在中柱头上，其上再叠架平梁、扎牵，立蜀柱，戗叉手（图5－7－11）。

节点处理：扎牵外端用斗子、蜀柱和丁华抹额栱支承脊槫。所有蜀柱柱脚皆开长榫插入梁背，用合楂加以固定，驼峰等艺术性构件已渐被淘汰，标志着工艺制作出现了日趋简化的倾向。

至于两山则用“丁栿”（图5－7－12）承载上面的梁架，两次间于前后上平槫的背上各架太平梁一根，其上置栌斗和襻间令栱、替木等承托脊槫，并用顺脊串作为纵向的水平联结构件，手法简洁。四个里转角各置抹角梁一只，用以稳定角梁后尾，从而加强了四角的刚度（图5－7－13）。同时，各缝槫木由中间向两侧逐渐生起，使正脊和四面瓦坡构成一种圜和舒展的轮廓线，无僵直笨重之感。

从工艺手法上看，大木构件多用原木成做，断面无一定比例，肥瘦参差不齐，加工粗糙，是草栿做法。阑额断面为3:1.74，比例高狭。阑额和普拍枋的出头部分均垂直切割，不加任何雕饰，与晋中所见金代建筑同出一范。至于柱头、椽头等俱作圜和的“卷杀”，犹存辽、宋遗制。

2.洪洞广胜寺上寺前殿

（1）柱网布局

面阔五间（共13.82米），进深四间（共12.45

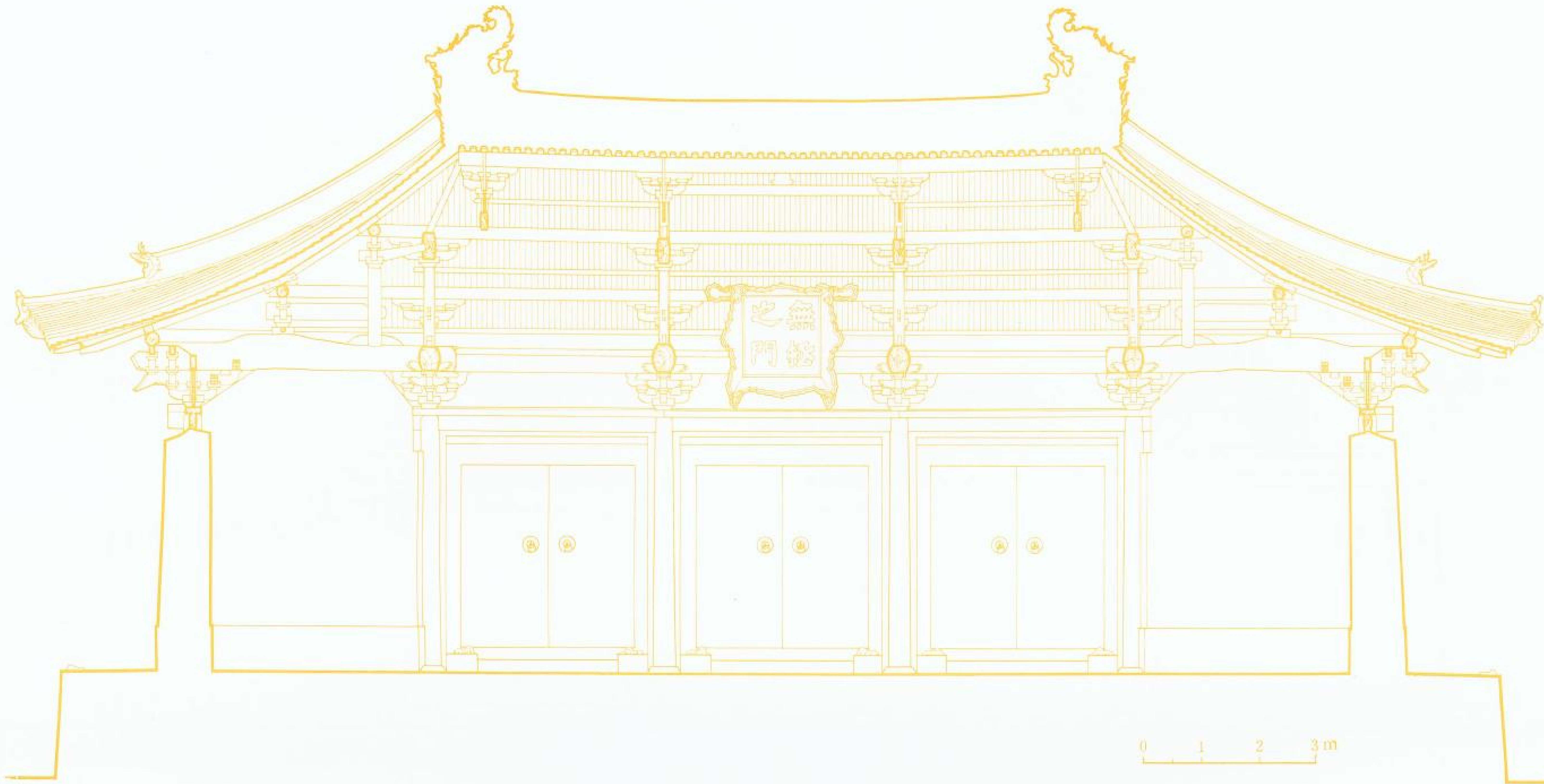


图5-7-12 山西芮城永乐宫无极门纵断面图

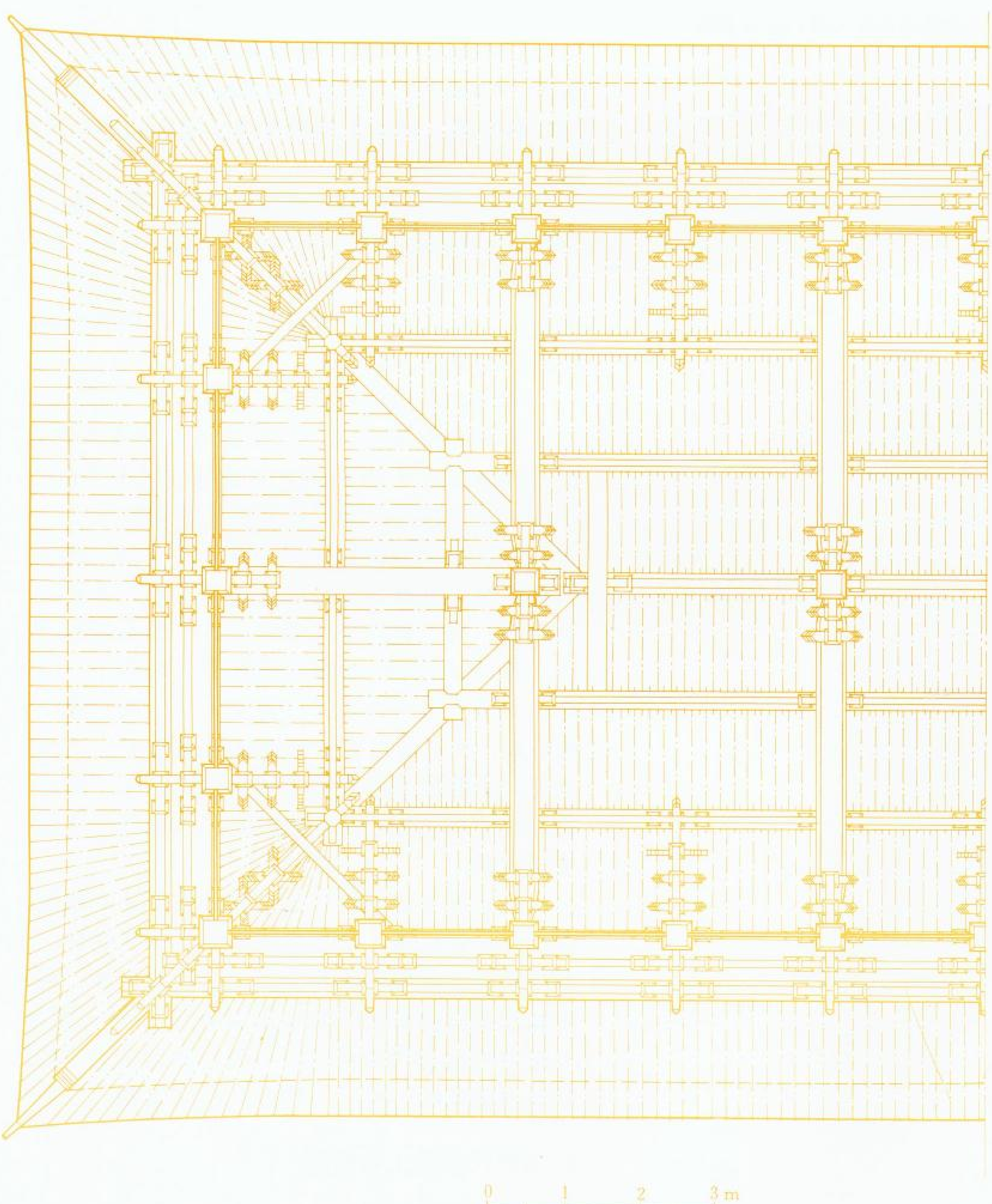


图5-7-13 山西芮城永乐宫无极门梁架仰视图

米）。殿内只留明间前后金柱四根，但柱的位置不在前后檐柱缝上，而是位于两次间的中线上，形成减柱、移柱的做法。柱径：檐柱、山柱径 38 厘米，后金柱径 40 厘米，前金柱径 49 厘米，根据大木构件受力情况的不同，用料有粗细之分（图 5－7－14）。

（**2**）**斗栱**

前檐为五铺作重昂、重栱计心造，后檐及山面为五铺作重抄。昂嘴偏弯，微微向上反翘。补间铺作：明间两朵，次间一朵，梢间无。山面无补间铺作。转角铺作用附角斗，对于加强檐角的结构刚度能起辅助作用。各朵斗栱后尾皆出华栱两跳。值得注意的是，柱头铺作上使用大斜昂（即大斜栿）作为承重构件，成为梁架的组成部分，是一种非常罕见的做法（图 5－7－15）。

（**3**）**梁架**

为了在殿内供设高大塑像，需要有比较开敞的空间，因之在梁架结构上采用“平栿”与“斜栿”合用的做法，手法非常奇特。屋架系六架椽，单檐歇山造（图 5－7－16）。

横架：平梁之下不用四椽栿，其两端由明间柱头铺作后尾伸出的大斜栿来支撑，斜栿中部搁在内额上，长达两椽。在次间的前后两金柱亦各施大梁一根，与内额相交，使中央部位构成一个井口形框架（图 5－7－17）。

纵架：按五间殿连同山面应有六缝梁架，而在这座殿里只用四缝，省去了两缝。山面与正面一样，在柱头铺作的耍头上也伸出大斜栿一只，尾端压在平梁底皮。这样就由纵横方向的斜栿构成一个相当高敞的空间，效果十分突出。

山面前后平柱与明间前后金柱之间，用水平丁栿相联系。至于两山部分，则于斜栿背上置承椽栿，以供搭交檐椽之用。承椽栿以上，则用蜀

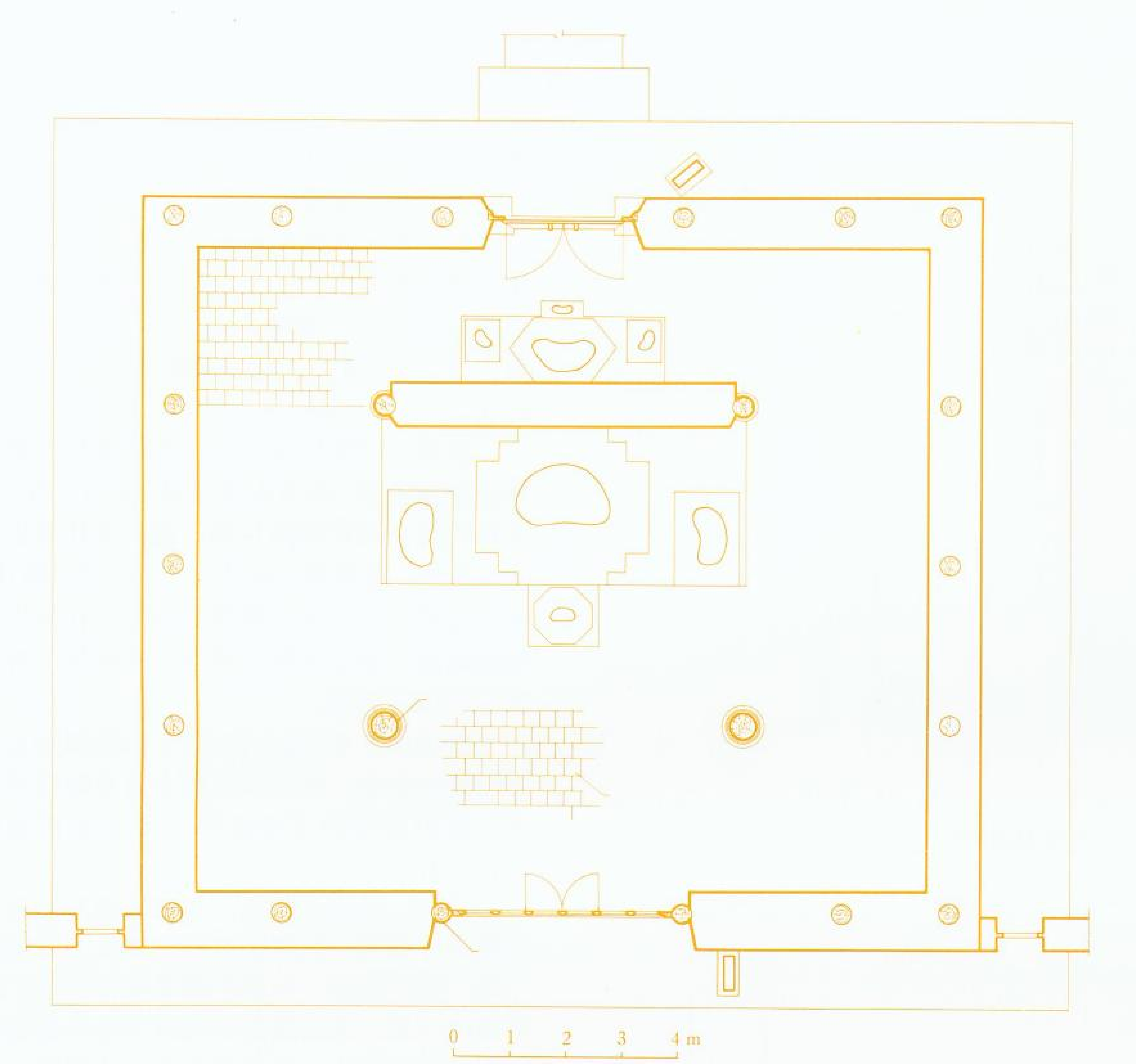


图5-7-14 山西洪洞广胜上寺前殿平面图

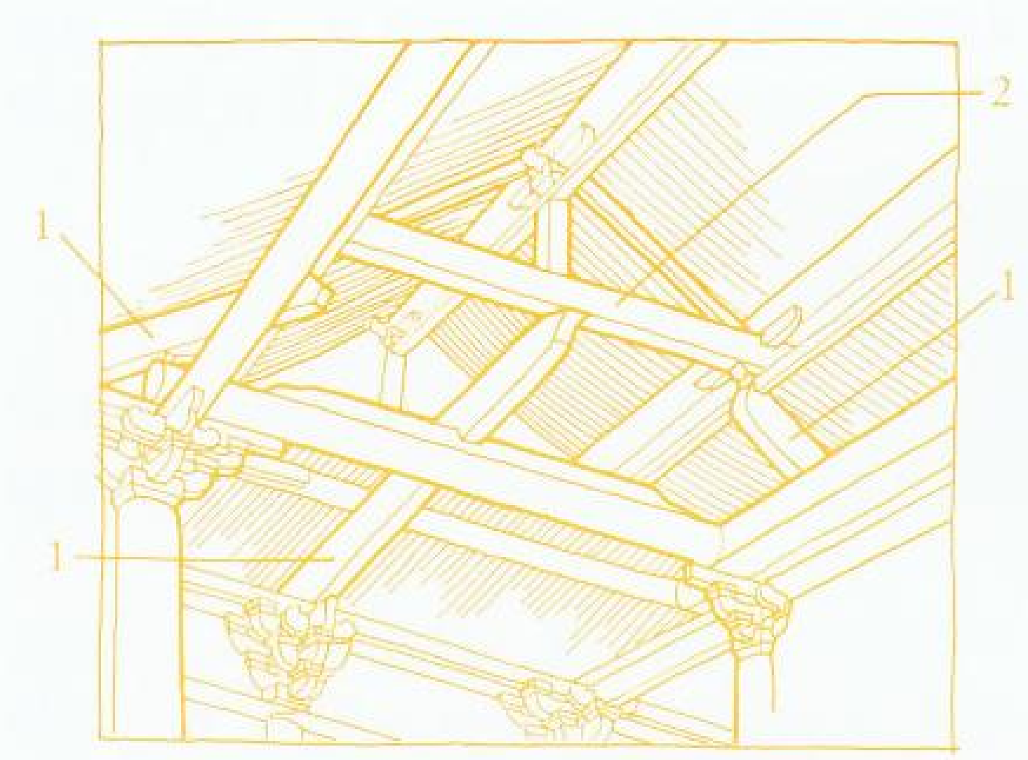


图5-7-15 山西洪洞广胜上寺前殿斜栿的应用
1.栿；2.梁

里转角结构：正面梢间柱头铺作上的乳栿搭在山面丁栿上；转角铺作后尾的斜栿又搭在这根乳栿上，斜栿背上立矮柱一根，用以支顶角梁后尾，使转角结构获得了较好的刚度和稳定性。

应该指出，斜栿在该殿结构中的充分使用，是一大特点。《营造法式》及金代五台佛光寺文殊殿虽有斜栿，但宋以前其它遗构中未曾见到。而晋南元代木构中却用得比较广泛，几乎成为构架中不可缺少的部分，是元代木结构的一个成就。

3.武义延福寺大殿

延福寺在浙江武义县桃溪镇。现寺内还保存着一座元代木构佛殿，建于元延祐四年（1317年），明清两代曾多次重修。从建筑特征及制作手法来看，下檐不似原构，应是后代增建的。上檐的斗栱、梁架中有部分构件已为后世更换，但整个木架基本上仍是元代遗构。

大殿平面，宽、深各三间，正面通长 8.51 米，山面通深 8.61 米，平面呈正方形。为了在殿内供置佛像，需有较大空间，因此将当心间面阔扩展为 4.51 米，适为次间面阔的两倍，故当心间宽度特大（图 5－7－19）。

斗栱：单材 10×16 厘米，足材 10×23 厘米，相当于七等材，与殿身规模尚属相称。外檐六铺作单抄双下昂。第一跳偷心，上施双下昂，昂嘴瘦长，䫜杀手法遒劲有力，是典型的元代作风。后尾出双跳华栱，偷心，上施鞾楔，承托下昂。昂后尾斜伸向上，直抵下平槫，起挑斡作用。斗栱结构形式与延祐五年（1318 年）所建金华天宁寺正殿大同小异。惟各种栱身长度，均比《营造法式》规定为短。如慢栱长仅 40 分，令栱长仅 37.5 分，泥道栱长仅 40.6 分，瓜子栱长仅 37 分。瓜子栱与令栱等长，是其特点。

梁架：当心间横架侧样：进深八椽，双三椽栿对后乳栿，前后用四柱，与金华天宁寺大殿横架侧样相同。屋面举高为 2∶1。特点是柱身都有明显的卷杀，工艺质量精巧。前后内柱特长，前

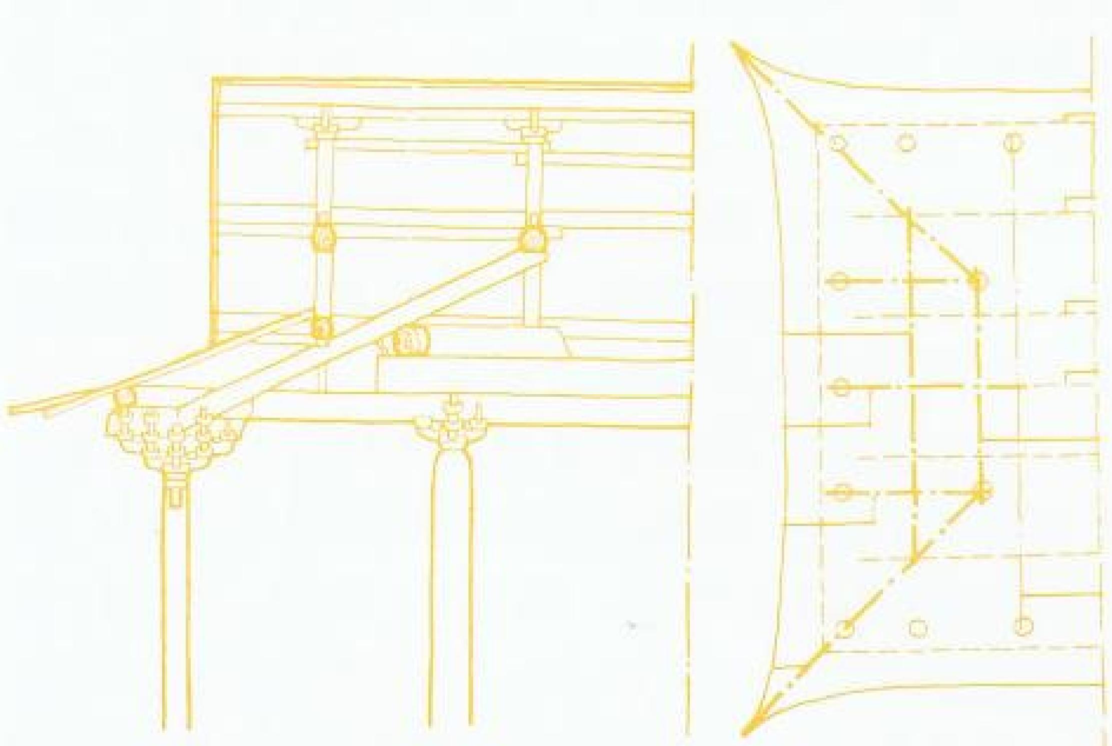


图5-7-16 山西洪洞广胜上寺前殿歇山做法示意图

柱支承平梁。各缝梁架之间，皆用顺脊串作纵向联系构件，以保持各缝蜀柱的稳定。同时，在两梢间的脊步架中，还各施斜撑一只，下端戗在山面平梁上，上端撑在脊槫下，从而加强了框架的刚度，也是一种有效的技术措施（图 5－7－18）。



图5-7-17 山西洪洞广胜上寺前殿横断面图

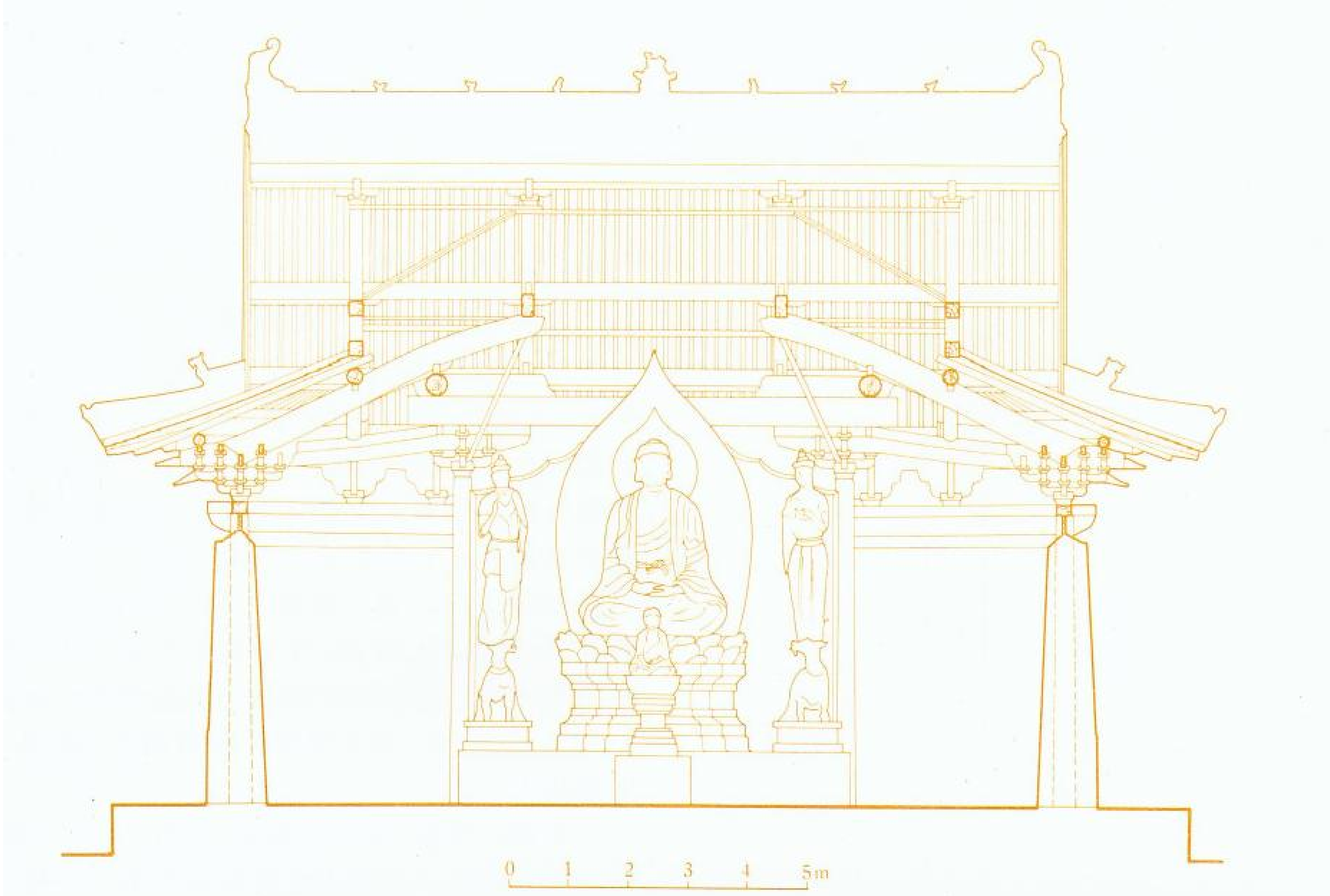


图5-7-18　山西洪洞广胜上寺前殿纵断面图

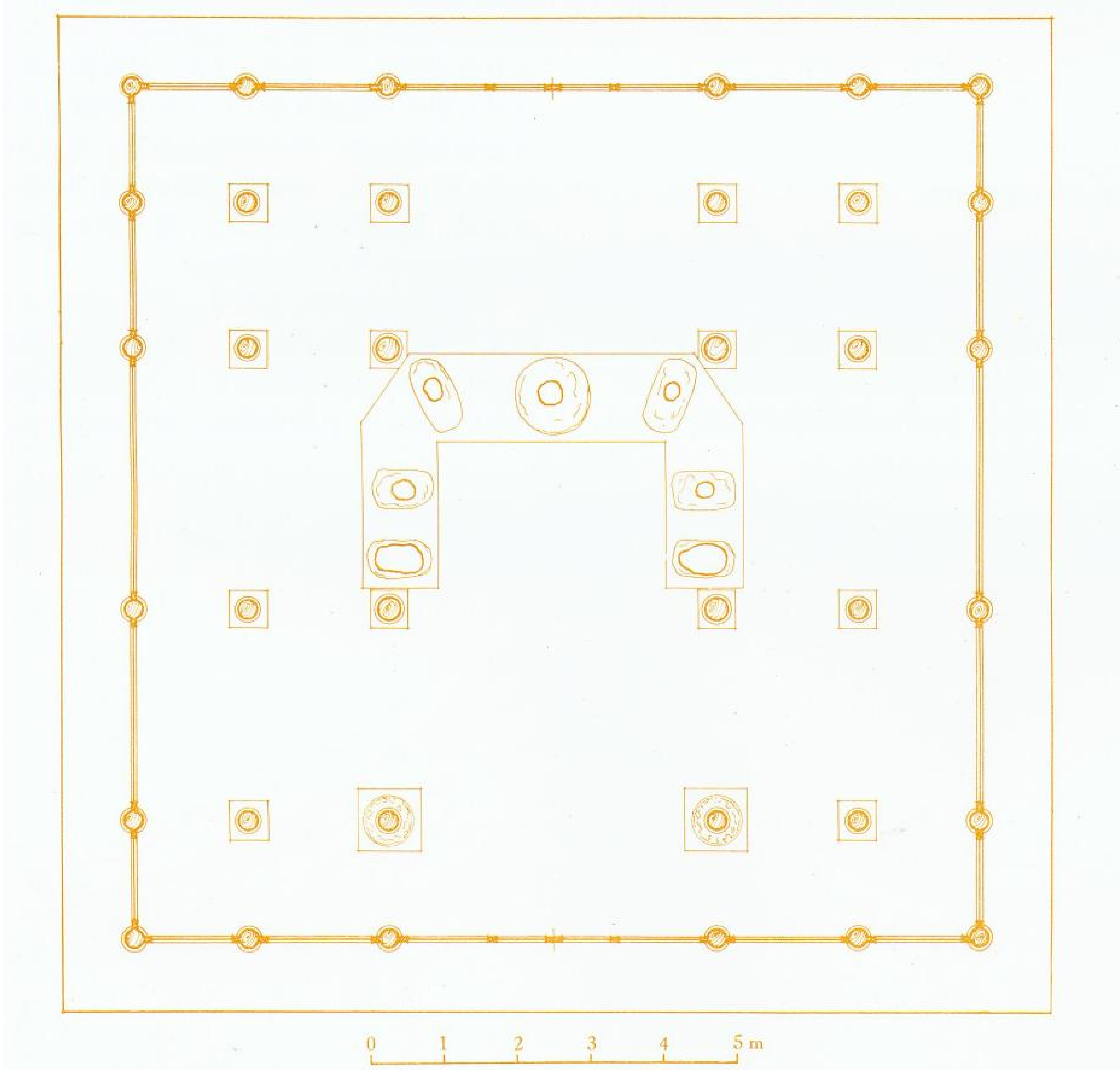


图5-7-19　浙江武义延福寺正殿平面图

金柱比后金柱高出一个举架，长 6.40 米，径 40 厘米，约为 10：0.625，比例突出地瘦长。

前槽和内槽俱深三步架，各施三椽栿一根。前槽：三椽栿上，前部置驼峰、大斗和令栱，用以承托“下金扎牵”，与苏州虎丘山云岩寺二山门做法相同；后部施骑栿蜀柱，大斗，用以承托“上金扎牵”。为了迁就柱头标高两部扎牵都有很大弯度，使结构与艺术造型密切结合。内槽：在三椽栿后部，施长大驼峰一只，上置栌斗、重栱；前金柱头上亦置栌斗、重栱，承架平梁。平梁上不用叉手，而于梁背中心置栌斗、令栱和丁华抹额栱，用以承托脊槫。

后槽：进深长两步椽，下施乳栿，上施弯月形扎牵，形制与前槽相同。

平梁：三椽栿和乳栿等俱采用月梁造，有柔和的卷杀，其剥腮挖底的工艺手法，仍保持着宋代技术传统。梁端入柱部分俱用丁头栱支托，犹存宋制。所有梁栿用料都比较经济合理。例如前槽三椽栿断面为 40×28 厘米，内槽三椽栿断面为 48×33 厘米，平梁断面为 41×31 厘米，乳栿断面为 37×26 厘米。高与宽略呈三与二之比（图 5－7－20）。

纵架：外檐柱头之间，施阑额和由额，金柱头之间施内额，形成两道围箍，具有很好的刚度。各槫缝之下均设襻间斗栱，或用单栱素枋，或用重栱素枋，视举架的高低而灵活应用。檐柱缝上，施泥道栱一层，其上置令栱两层，柱头枋三层，相间迭置，用以承载牛脊槫，在框架上构成一道刚度较强的围箍。

两山面采用“厦头两造”，出际深达 85 厘米。脊槫悬出部分，则于承椽枋上立夹际柱子以支承之。两山并无山花板遮挡，犹存宋代遗制（图 5－7－21）。

总之，该殿木结构，柱架侧样与金华天宁寺大殿基本相同，仅梁枋用材尺度及体量规模稍逊一等。至于梁栿、斗栱的细部制作手法，两者几乎如出一范，充分反映了当时当地小型佛殿流行的一种构架方法，地区性特点十分明显。这种方法对于以后江浙一带的明清木结构产生了深远影响，如明代苏州文庙大成殿的屋架、虹梁、童柱及牌科等仍然继承元代的传统。足见它为群众所接受，故此一直流传下来，历久不衰。

4. 真如寺正殿

真如寺位于上海嘉定县真如镇，元延祐七年（1320 年）建。是一座单檐歇山顶的三间小佛殿（图 5－7－22）。

平面布局：东西三间，宽 13.40 米，南北三间，进深 13.00 米，基本上呈正方形。按小型佛殿采用正方形平面，是宋、元以来常见的方法。但在进深方面，各间的尺寸设计颇为特别，由南往北：第一间深 5.30 米，第二间深 5.10 米，相差很少，可是第三间进深仅 2.60 米，竟减少二分之一；三间的进深，约为 2：2：1。大约因为第一间是信徒膜拜的地点，而第二间中央部分设置佛像，都需要较大的面积，所以平面布局，也就依照实际需要来决定各间的进深。

柱与柱础：殿内全部使用木柱，柱身上端多数有卷杀，而以明间四金柱的形制比较秀美。四根金柱皆用柏木制作，底径 40 厘米，高 621 厘米，柱径与柱高比为 1.55：10。柱根有十字形通孔，当系拨正柱位时所用的“撬眼”。柱身中部微凸二、三厘米，呈梭状，工艺颇精致。檐柱底径 32 厘米，高 427.5 厘米；而角柱底径 36 厘米，柱高 429 厘米，几乎没有生起。但内外柱的柱头均微向内倾：金柱约侧 2.5%，檐柱约侧 1.8%，侧脚斜度都已超过 1% 的比例，故整座建筑物的重心比较稳定。

石柱础，下为素覆盆，上施石礩，形制绝似

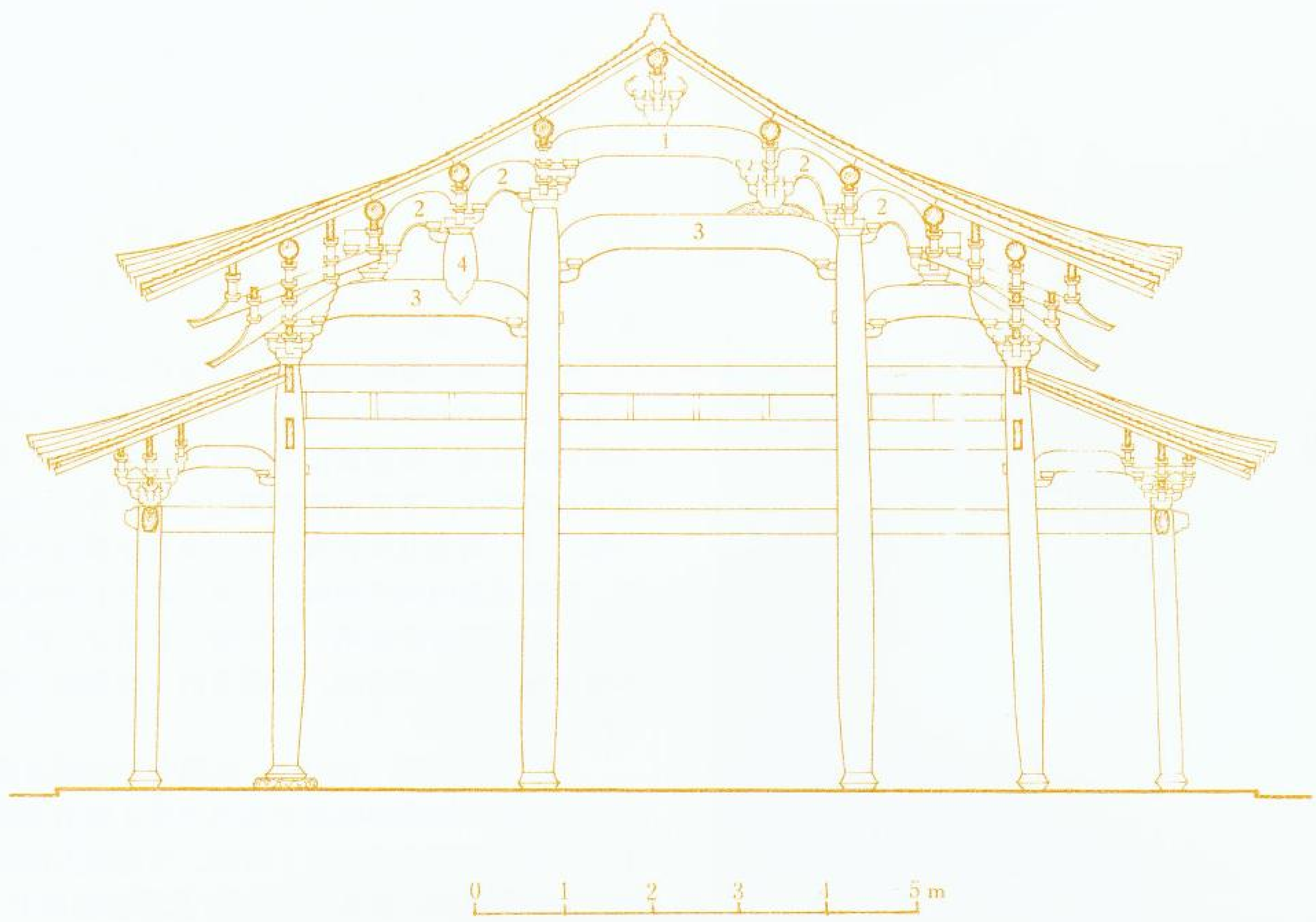


图5-7-20 浙江武义延福寺正殿横断面图
1.平梁；2.劄牵；3.三椽栿；4.蜀柱

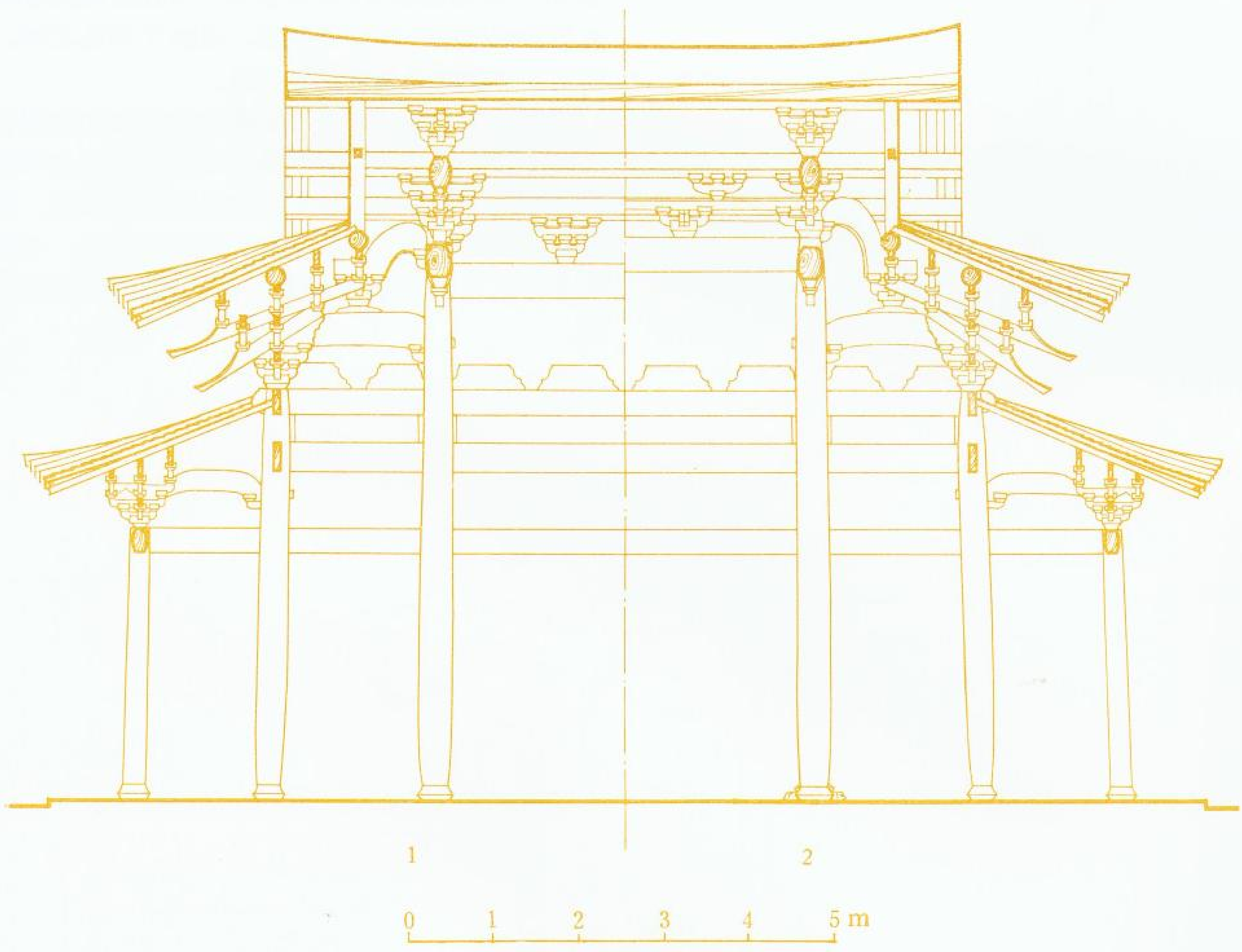


图5-7-21 浙江武义延福寺正殿纵断面图
1.后视；2.前视

苏州玄妙观三清殿（1179年）和定慧寺大殿宋代遗物。

梁架结构：排架侧样为“十椽屋，四椽栿对乳栿前后用四柱”。在前金柱与前檐柱之间，施四椽栿，前端搭在檐柱柱头铺作上，伸出檐外斫作耍头，后端插入金柱内，承以双跳丁头栱，作月梁造，斫制颇工整。丁头栱俱用足材，栱头卷瓣与苏州虎丘山云岩寺二山门丁头栱的斫制手法一致。

前槽，在四椽栿中部立蜀柱一根，径大于四椽栿的厚度，骑在栿背上；柱头有覆盆式卷杀，斫制秀美。蜀柱之前，于四椽栿背上置栌斗、十字栱，承托下中槫。栌斗与蜀柱间用扎牵，蜀柱与金柱之间长两架椽，设素枋一根联系。自蜀柱伸向两侧山面檐槫间，亦施素枋一根，一头插在蜀柱内，一头搭在檐槫背的矮柱上，通长三架椽。

后槽，在后金柱与后檐柱之间施乳栿，外端搭在后檐柱头铺作上，后尾插入金柱内。乳栿下设随梁枋一根，以加强内外柱之间的联系。随梁枋俗名抬梁枋，在大梁下，与大梁平行之枋，惟在《营造法式》中不见著录，应是元代后出现的一种新构件，到明、清时期大量应用（图5-7-23）。

前金柱位于正脊前一架椽地位，后金柱位于正脊之后三架椽地位；正脊未居中，因而上部有草架之设。在前后金柱上设覆水椽一层：以上中平槫为脊，前部施望板及覆水椽，后半部利用原来屋面覆水椽。椽、望板下的梁架构件，斫制工整。前后金柱之间施四椽栿、平梁及襻间，以承正脊、上平槫，制作相当工整。平梁上施叉手、驼峰、栌斗、瓜子栱及丁华抹额栱。复于前后两金柱头之间施大随梁枋一根（40×18厘米），在明、清建筑中叫做“跨空随梁枋”。

覆水椽以上的梁架，采用“草栿”做法，概用直梁、直柱造、工艺粗率。据明计成所著《园冶》，此部应是“草架”。草架是我国梁架结构的古法之一，可是后来北方已不使用，而苏南一带清代的民间厅堂建筑中犹沿用这种做法。从年代上来讲，现存遗构中，要以此殿草架结构最为古老，实为难得的实物例证。

纵架结构：两平梁间置大顺脊串一根，上置襻间斗栱，用重栱素枋。各檐柱间置有普拍枋、阑额。由于柱身高大，故阑额之下复施由额（40×18厘米），以加强建筑物之刚度。

阑额出柱部分雕作霸王拳。

阑额（50×20厘米）因过于高狭，采用数木拼合，与苏州玄妙观三清殿做法一致。外檐令栱上面，使用狭而高的撩檐枋（40×9厘米）直接承载檐椽，柱缝上不用牛脊槫（正心桁），也是古法的一种。

斗栱：此殿斗栱用材，高13.5厘米，宽9厘米（栔高5.2厘米），断面比例为3:2。折元尺：材高四寸五分，宽三寸，与《营造法式》规定相符，相当于第八等材。分外檐斗栱、平棋斗栱及襻间斗栱等数种。

外檐斗栱。补间铺作为四铺作单昂。排列比较疏朗，正背两面明间各用四朵，东西两次间各用两朵；东西山面，自南起，第一、二间各用三朵，第三间用一朵。各朵斗栱的间距，正背两面约为斗口宽度的13.6倍；比明清官式建筑斗口十一倍的规定，约大四分之一；山面则为14.4倍，约大三分之一。说明了等距离分布斗栱的规律在元代尚未成熟。

柱头铺作与补间铺作的权衡比例相同，均为四铺作单昂。月梁出头斫作蚂蚱头，但并未加宽，仍存宋法（图5-7-24）。

补间铺作结构：自栌斗出平直的假昂一跳，

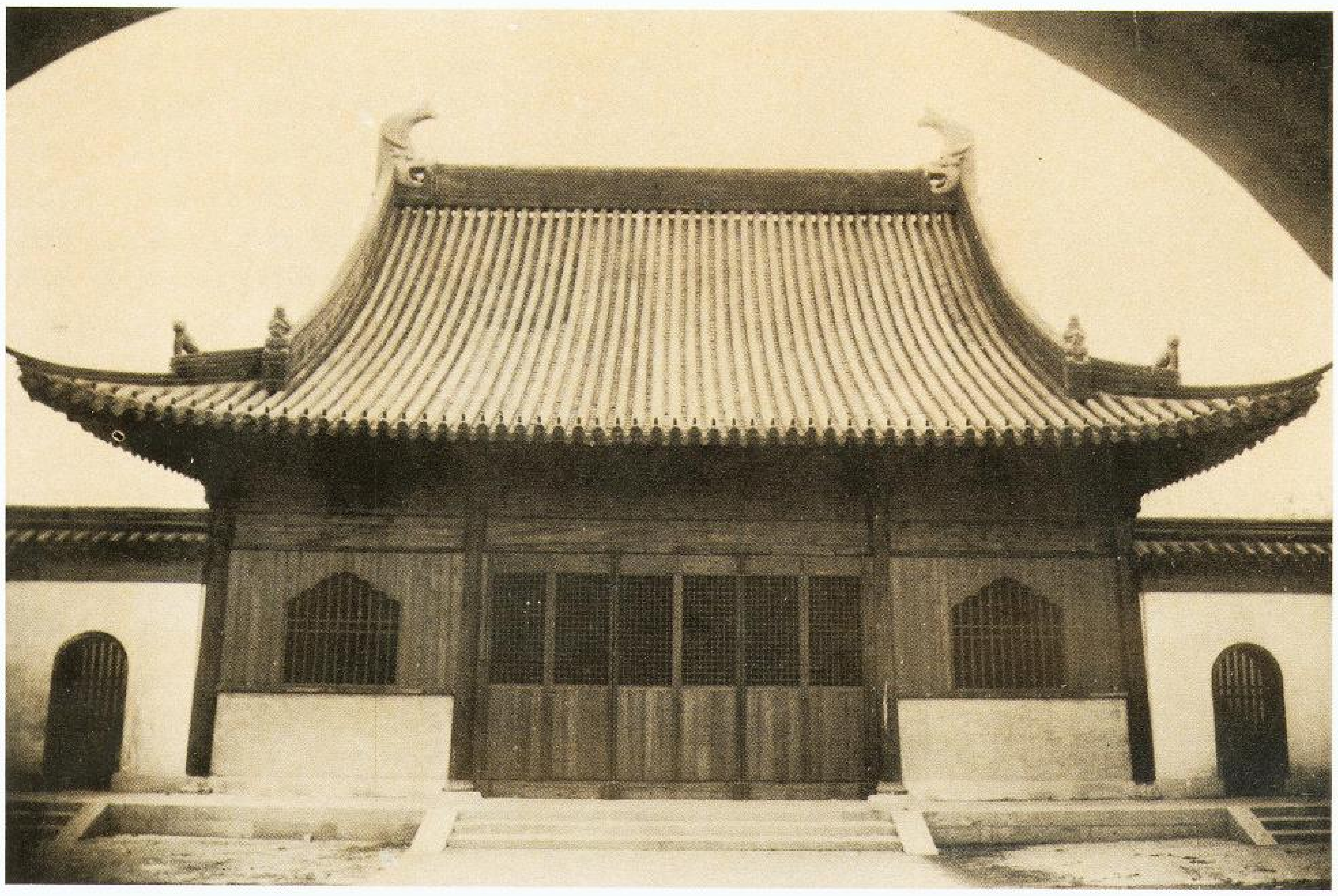


图5-7-22 （1）上海真如寺正殿立面

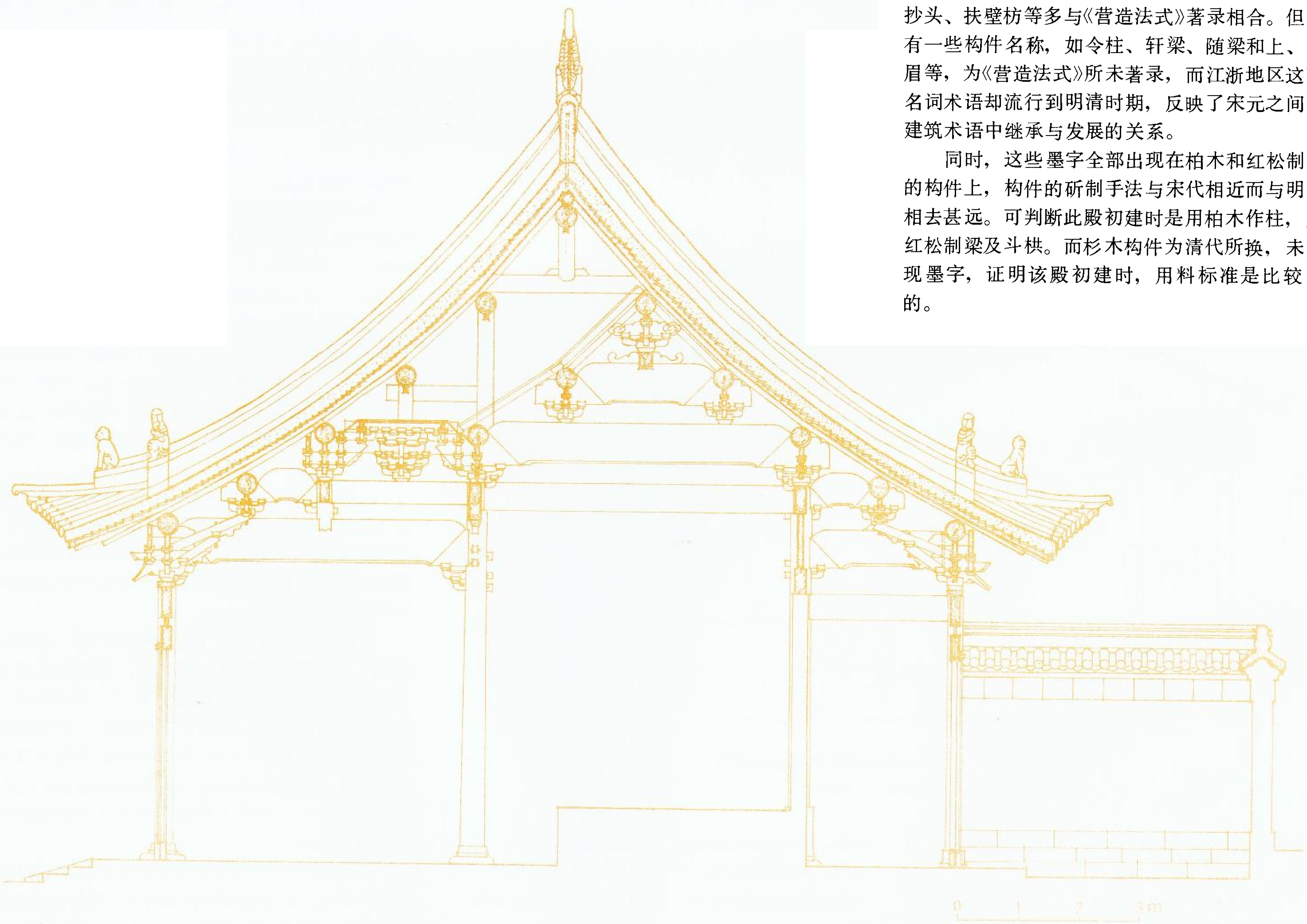


图5-7-22 （2）上海真如寺正殿横断面图

昂背置齐心斗、令栱与耍头相交，用以承托狭高的撩檐枋。昂尾为两根不平行的挑斡，上层挑斡的上端支于下平槫底面，下端通过柱头枋至檐外与令栱相交，但不出头；正是自宋代真昂向明代假昂过渡的典型例证。铺作跳距：内、外的第一跳皆为 31 分，但尾部的第二、三两跳深度皆为 57 分。跳距有深有浅，并不受宋代固定程式的约束（图 5－7－25）。

平棊斗栱：殿内，在明间前金柱之前施斗栱一周，以承托平棊。平面上，平棊的面积，东西尽明间的面阔，而南北仅有两椽的深度，平棊斗栱的结构层次，系在内额与素枋上置坐斗，出栱一跳。其上用菊花头和六分头，承载令栱与算程枋。而菊花头内侧仅刻斜线一道，略示上昂痕迹而已。斗栱的材栔比例，和外檐斗栱完全一样，栱瓣卷杀手法也很相似，证明是同一时期的产物（图 5－7－26）。

工匠墨笔题记：1963 年，该殿落架修缮过程中，从木构件的榫卯隐蔽处发现许多工匠书写的墨字，清晰可辨者共有五十四则。字迹绝大部分出现在平棊斗栱、抄头（丁斗栱）及部分随梁上，构件的名称、部位与墨字所示相符，可证为原件原位未曾改动过。所书构件名称如平基（棊）、抄头、扶壁枋等多与《营造法式》著录相合。但也有一些构件名称，如令柱、轩梁、随梁和上、下眉等，为《营造法式》所未著录，而江浙地区这种名词术语却流行到明清时期，反映了宋元之间，建筑术语中继承与发展的关系。

同时，这些墨字全部出现在柏木和红松制作的构件上，构件的斫制手法与宋代相近而与明清相去甚远。可判断此殿初建时是用柏木作柱，用红松制梁及斗栱。而杉木构件为清代所换，未发现墨字，证明该殿初建时，用料标准是比较高的。

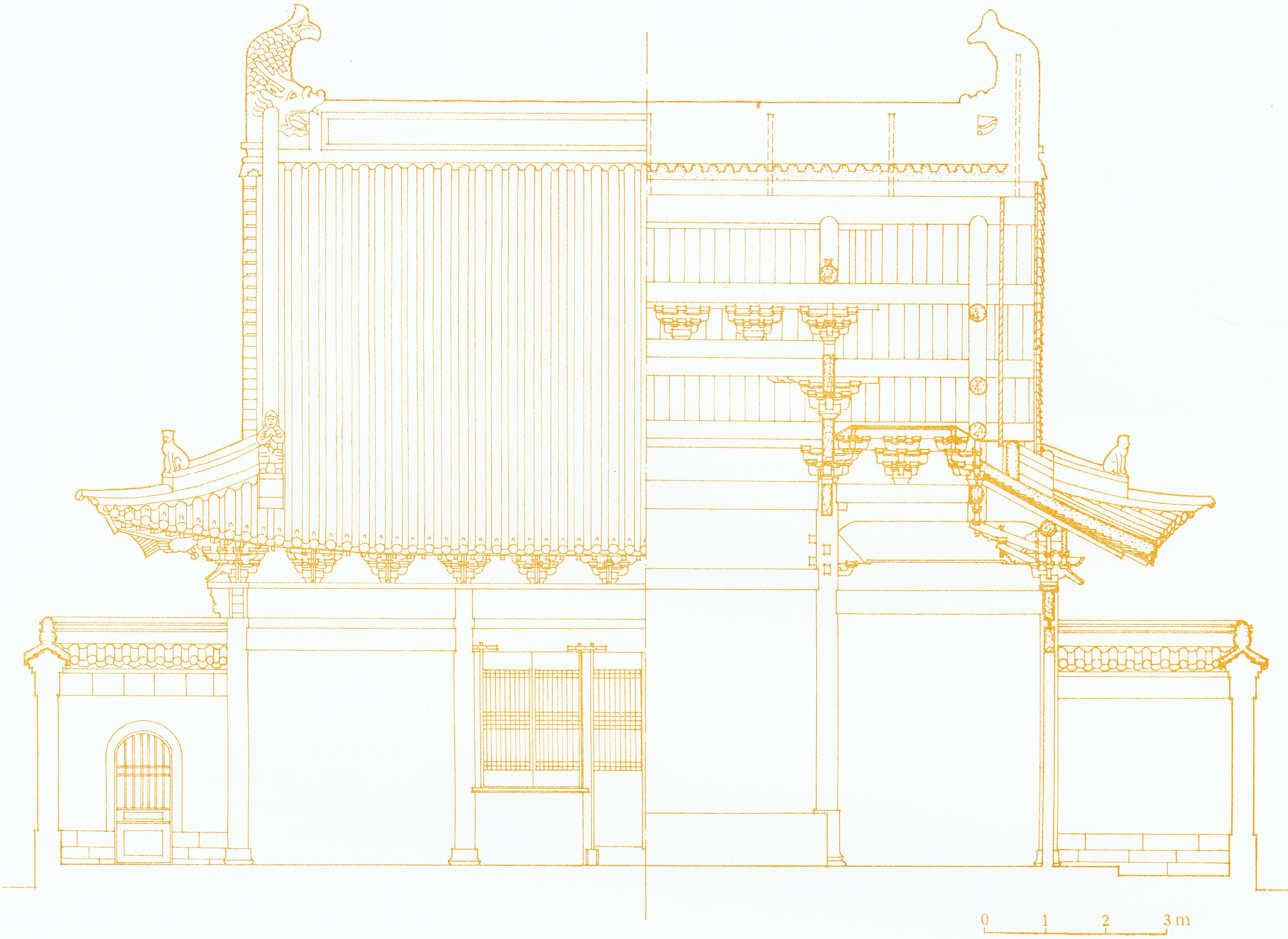


图5-7-22 （3）上海真如寺正殿纵断面及后立面图



图5-7-23 上海真如寺正殿后槽梁架结构之一

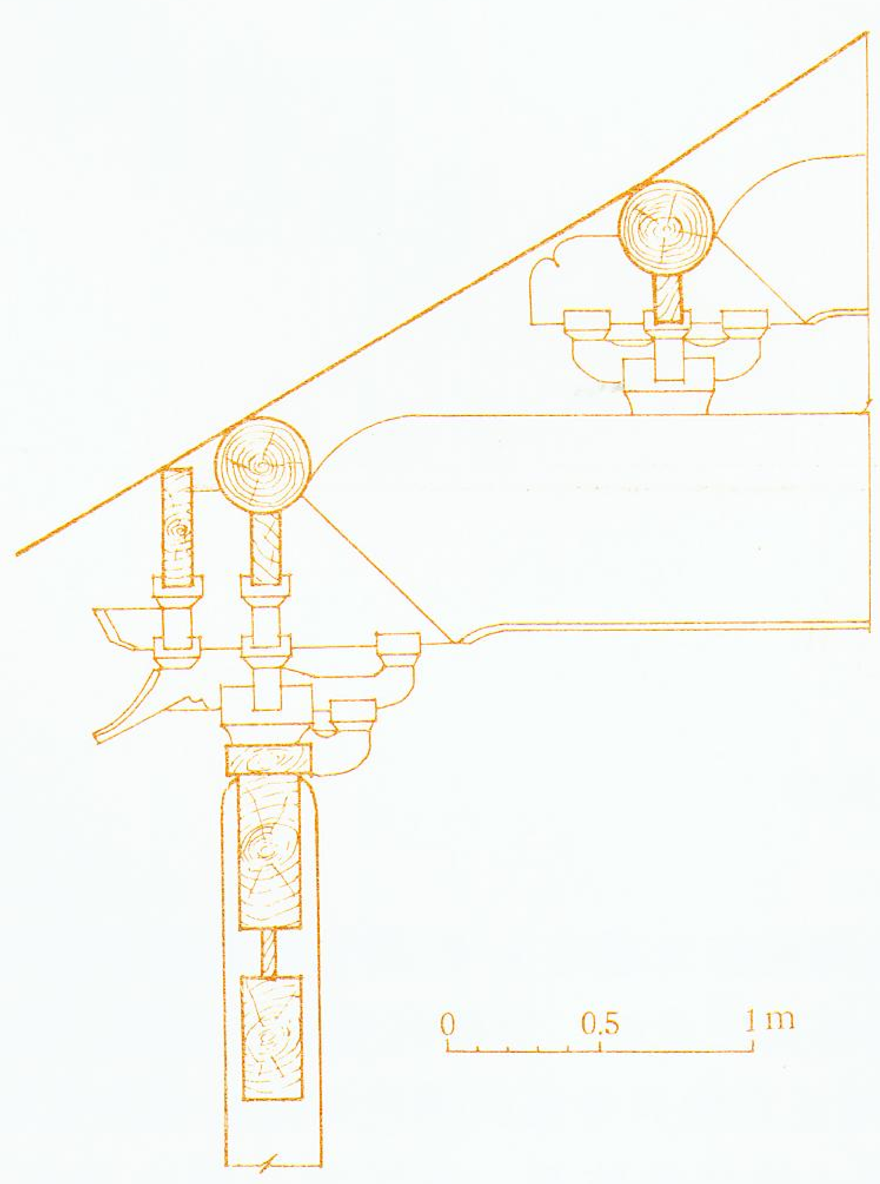


图5-7-24 上海真如寺正殿柱头铺作

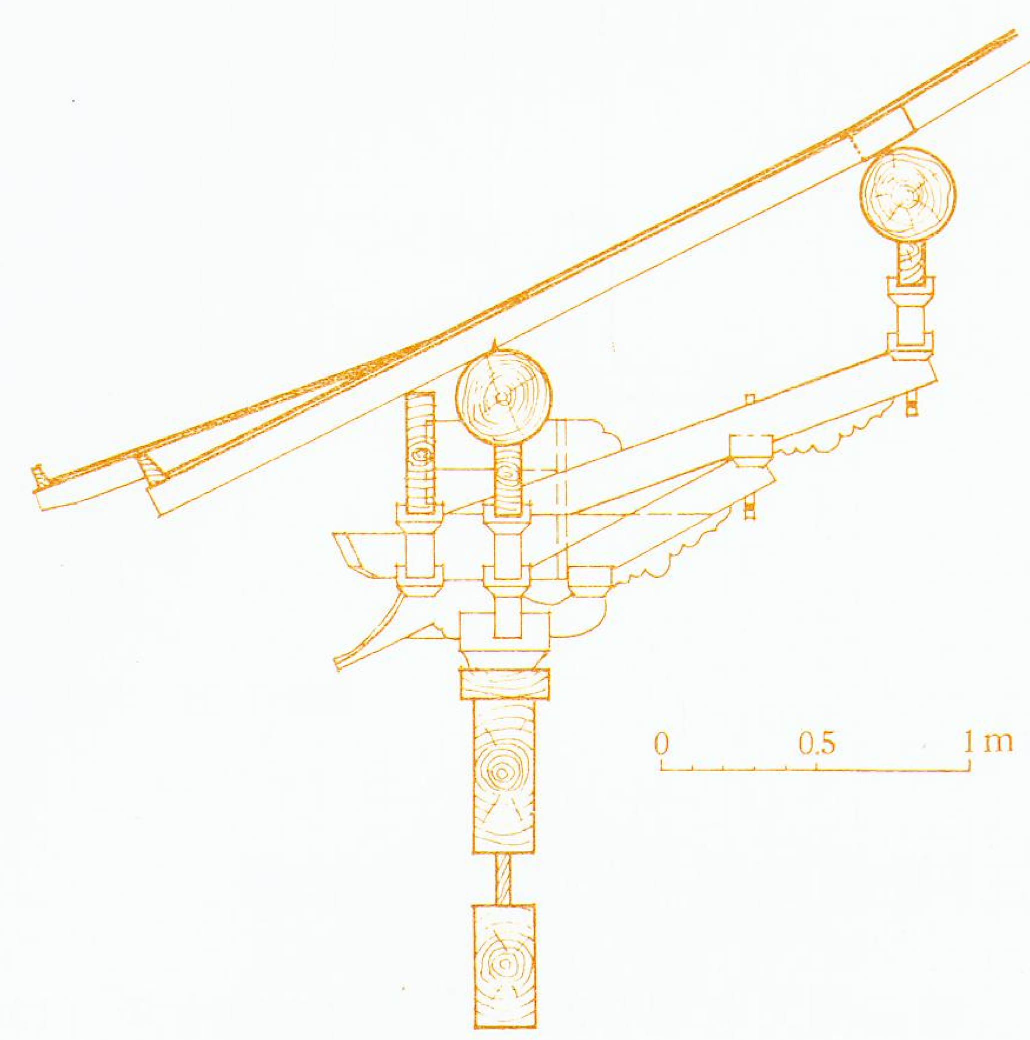


图5-7-25 上海真如寺正殿补间铺作



图5-7-26 上海真如寺正殿平棊斗栱一角

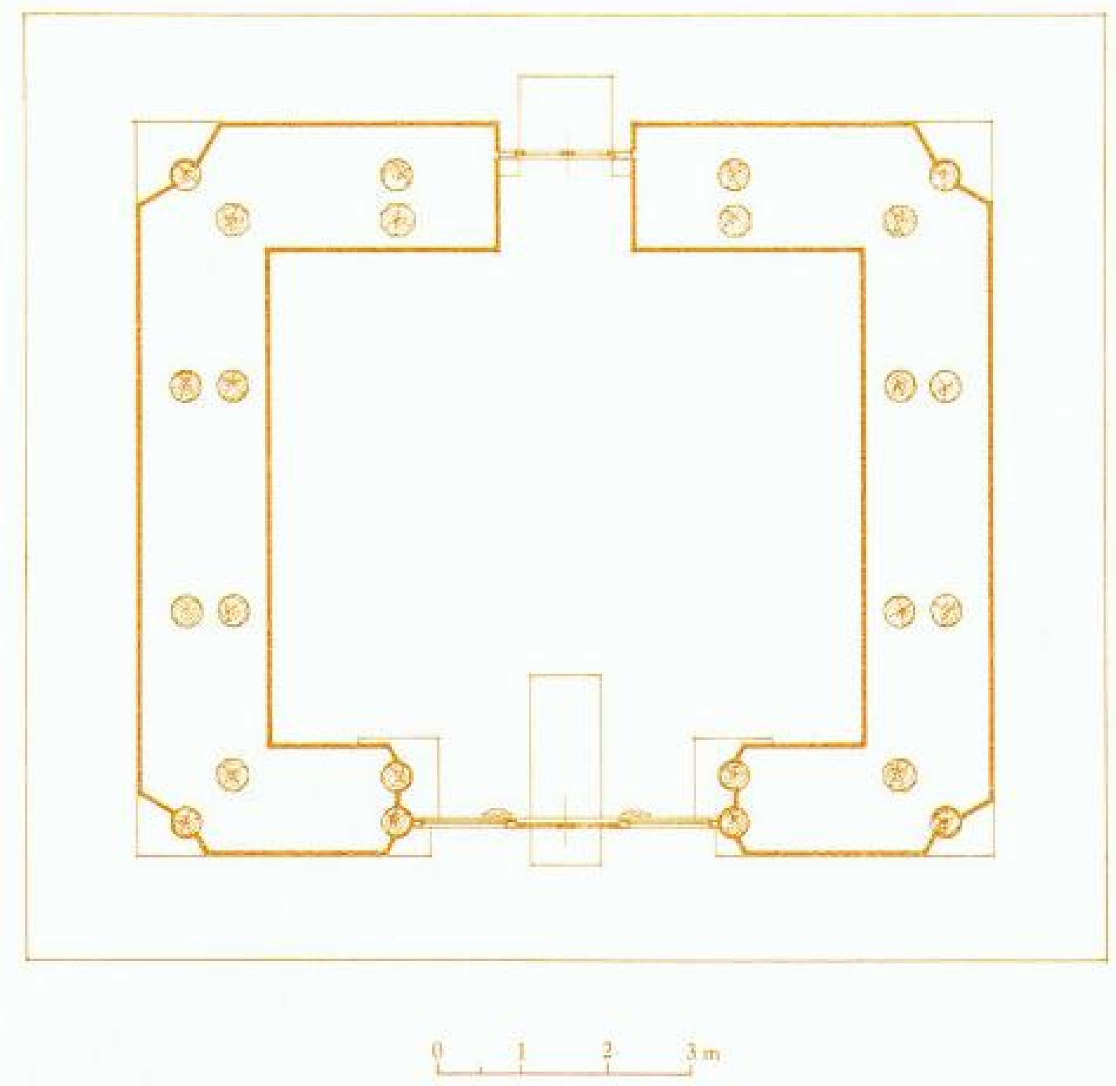


图 5-7-28 河北定兴慈云阁平面图

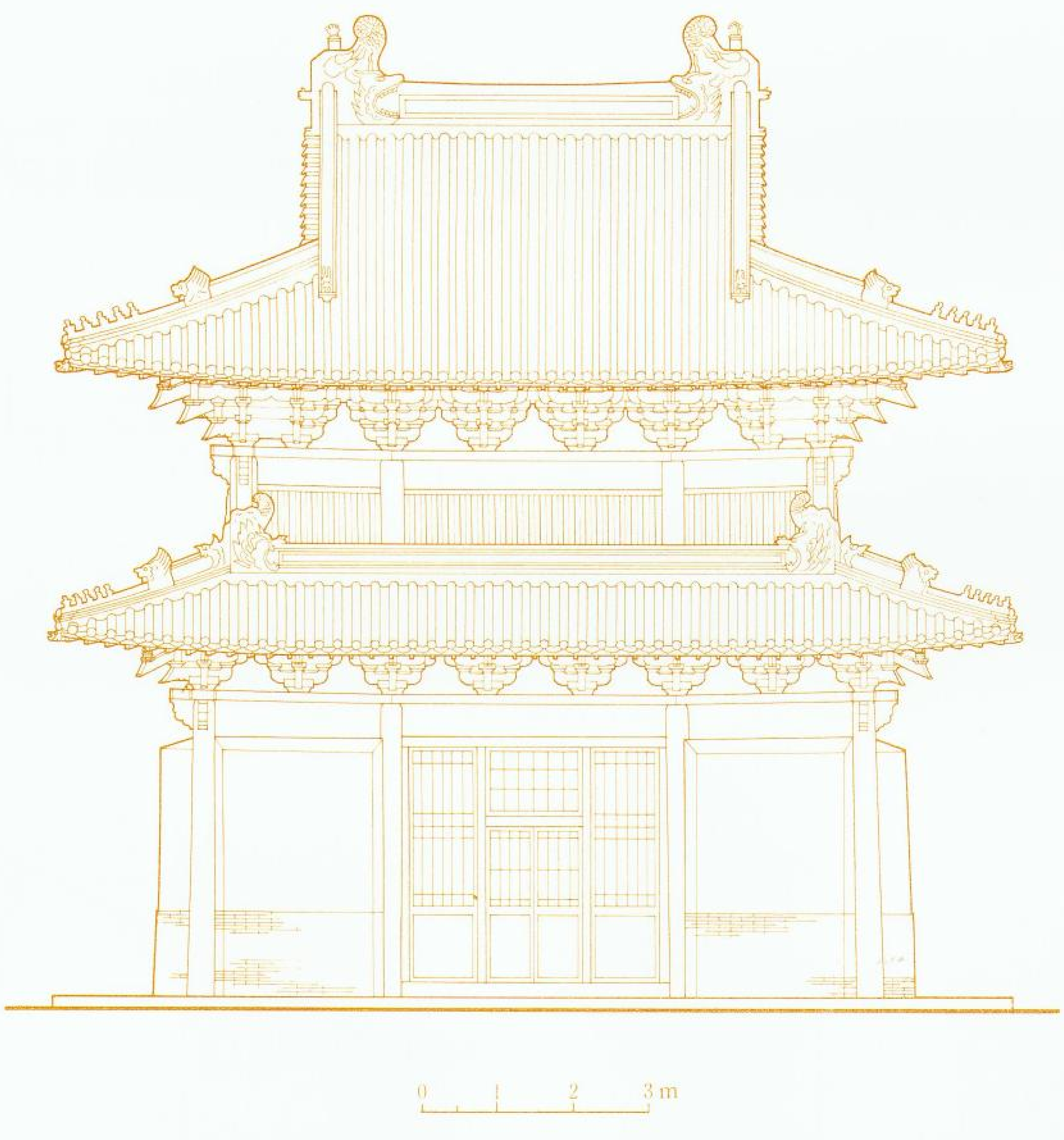


图5-7-27 河北定兴慈云阁正立面图

(三)楼阁建筑——定兴慈云阁

慈云阁又名观音阁，建于元大德十年（1306年），是定兴城内一座重要古建筑。

阁的结构分上下两层，是一座重檐歇山式的楼阁建筑。宽、深各三间，平面近于正方形。下檐四周俱筑以厚墙，仅前后檐明间设木隔扇门，以供采光和人流出入之用（图 5－7－27）。因内部纵横两向都未超过 9 米，所以柱网的平面布局，仅有檐柱而无金柱。但檐柱分内外两层，都包在墙内，与正定隆兴寺慈氏阁柱网的处理方式相似，应属同一种结构体系。外围的一圈柱子是下檐柱，用以支承下层屋檐，内围的一圈柱子是“永定柱”，则延长而直接承载上檐的梁架。在结构上，内外两圈柱子分工明确，具有很好的稳定性（图 5－7－28）。

斗栱：南北二面，补间铺作上下檐都是明间两朵，次间一朵；山面上下各间都只一朵。上檐，为五铺重昂重栱造，第一层用假昂，第二层用真昂；昂尾向后挑起，压于下平槫的下面，还保存着宋代遗法。昂下的华头子也随着挑起，紧紧贴在昂下，在结构上对昂起着有力的辅助作用，与元至元七年（1270 年）所建曲阳北岳庙德宁殿使用斗栱的方法完全一致，是元代斗栱结构的一个重要特征（图 5－7－29）。

下檐，用四铺作单昂栱造。柱头铺作用假昂，昂与耍头（蚂蚱头）的后尾俱平直地插入永定柱内。补间铺作用真昂，从栌斗口向里出华栱一跳，上面横置翼形栱，承托真昂的后尾。华栱外端直抵昂下，斫成菊花瓣。所有斗栱，不仅结构简练，而且斫制得非常工整。

材、栔：上下檐斗栱用材标准相同，材高 18 厘米，材宽 12 厘米，栔高 7 厘米；合六等材，用材尺度比较粗壮。各种栱子的长度和跳距，大体上与《营造法式》造栱的制度相符；昂嘴等细部斫制手法，也与宋代手法相近。

檐柱与永定柱：柱头皆向里倾斜，“侧脚”显著。例如永定柱，正面侧 1.4％，山面侧 1.3％，已超出《营造法式》所规定的比例。

同时，内外柱都有“生起”，角柱比平柱高出 5 厘米。由于柱子都有侧脚和生起，不仅使整座建筑物重心稳定，而且在外观上产生了一种圜和的艺术效果。

阑额：上檐 37×15 厘米，下檐 35.5×12 厘米，两者断面比例约为3：2.1，用材标准接近宋制。至角柱出头部分，雕成五瓣枭混曲线，其式样已经近乎明代的霸王拳，是宋、明之间的一种过渡形式。

普拍枋：上檐 36.5×14.5 厘米，下檐 36.5×13厘米，宽度大于柱径 6.5 厘米。伸出柱外部分刻作海棠瓣，与曲阳北岳庙德宁殿及安平圣姑庙等元代建筑同一风格，应是当时流行的一种做法。

屋顶梁架：只有东西两缝，其做法是利用上面的下平槫做平梁，两端搁在山面上檐斗栱的昂尾上，四角复用垂莲柱和抹角梁，以承载上部梁架（图 5－7－30）。抹角梁斫成弯月形，做法很奇特。平槫之下辅以襻间枋，襻间枋两侧隐刻令栱，形象逼真。脊槫之下施用顺脊串；蜀柱两侧以巨大的叉手相撑（图 5－7－31）。在纵断面上，左右平梁上各出斜撑一只，以支撑脊槫，构成一个桁架式的框架，加强了屋架的刚度（图 5－7－32）与金代的五台佛光寺文殊殿和朔县崇福寺弥陀殿一脉相承。此阁梁架结构具有不少巧用匠心的处理手法，制作工艺也很精致，充分反映了元代匠师在木结构方面的杰出成就。

三 元代木结构的主要成就

文献所载元大都的雄伟华丽的宫殿建筑，可惜早已荡毁无存，无由窥其真象，同时，元朝又未曾留下专门学术著作，故关于元代的营造制度，实难确切地得其要旨。幸而国内今天还保存着若

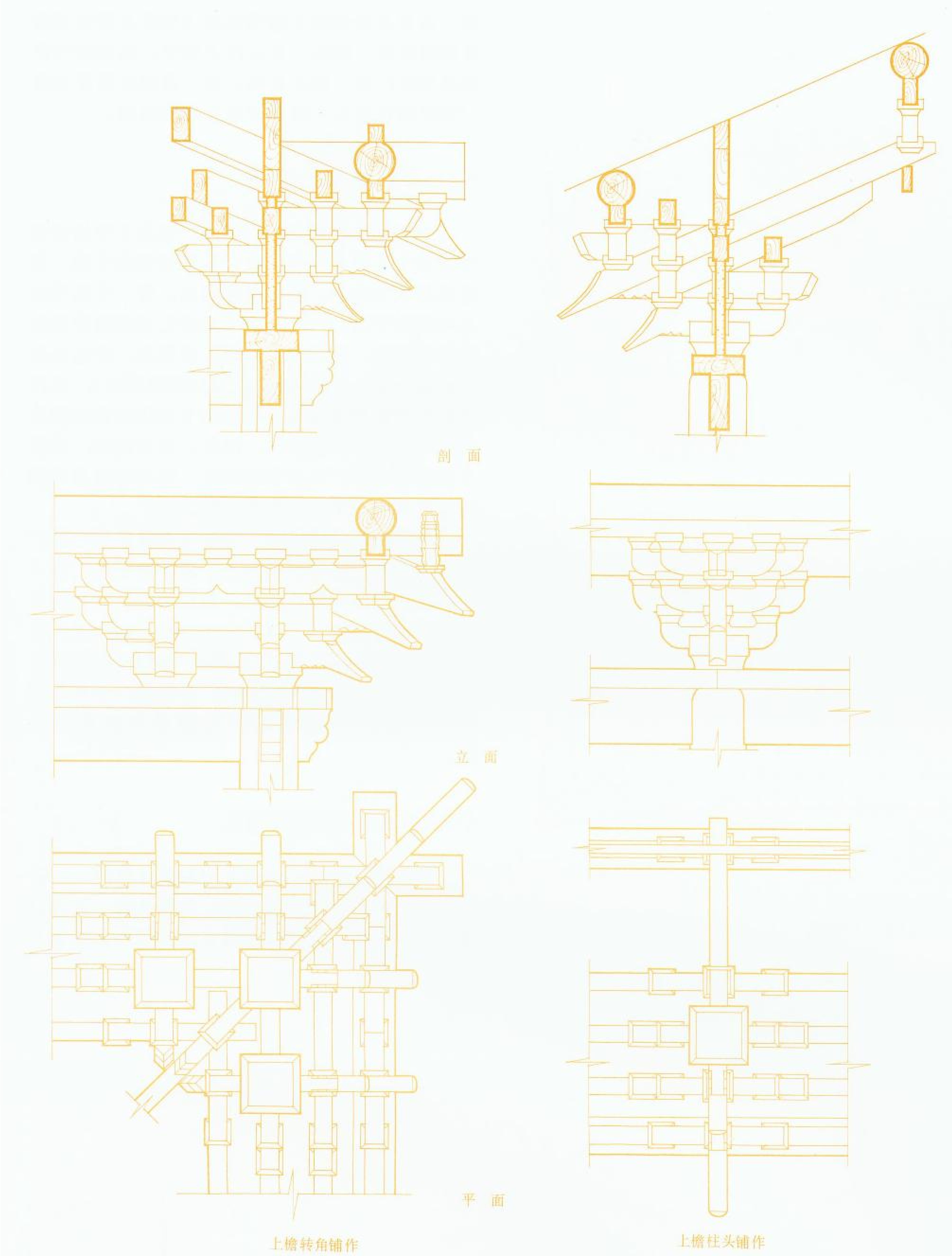


图5-7-29 河北定兴慈云阁斗栱图

干座元代木构建筑，其规模等第和工艺质量，虽然够不上当时的第一流作品，但经初步分析研究，对于元代木构的一般技术成就，仍可从中获得一些规律性的认识。

元代木结构，从整个发展趋势来看，一方面，南方仍保持着唐、宋以来的旧传统，继续发展，例如江浙地区的元代木构建筑，还保持着南宋时期的技术传统。但从总体来看，它们的结构手法和艺术风格都起了显著变革，“从简去华”是元代木结构的主要发展趋势。另方面，部分北方地区建筑则直接继承了金代传统，进一步大胆运用“大额式”结构和“斜栿”构架法，具有很高的创造性。

(一)柱网布置多样化

实例表明，一般仍遵循着唐宋传统，柱网布置采用整齐对称的格局，柱列与梁架位置上下相对。但有些建筑，柱网布置却非常灵活，根据实际需要有多种多样的布置方式。最突出的一点是柱子的排列，往往与屋架不成对应的关系，形成减柱或移柱的做法。减柱的结果，往往在一殿之内，仅存当心间两根后内柱。或者面阔五间的大殿，由于又减又移而使殿内简化成为宽敞的三大间，形成“明五暗三”的局面，反映了柱网布局的设计思想具有很大的灵活性和创造性。如洪洞广胜寺和芮城永乐宫两组元代建筑，就是典型例证。

(二)草栿做法盛行

我国唐、宋时期的木构殿阁，因室内有无天花而有明栿、草栿两种做法。一般彻上露明造的，梁架均采用明栿做法，加工细致，棱角规整，表面光滑；有天花的，则天花以上用草栿，制做都很粗糙，天花以下则采用明栿做法。说明早期木构草栿与明栿的区分是十分严格的。

但北方所见元代木构建筑，草栿做法却占有突出地位。有些殿宇虽系彻上露明造，也习惯于采用草栿做法。用材不讲究规格，梁架多用原木制造，并就木材的自然形状而因材施用，研制比较粗糙，很少加工雕饰，呈现一种粗犷自然的风格。

草栿做法的特点是：省工、省料、施工进度快。利用较短、较省的木料，经过匠师们的精心设计与精心施工，同样能够建造规模较大的房屋，具有较高的经济效果。缺点是：技术规范不严格，用材不规整，工艺质量粗糙。这是由于当时财力物力不足，故而采取这种省工省料的办法。

(三)大内额的应用

在内柱头上横施通长二至三间的“大内额”，用以承载上部梁架，这是元代木构中所常见的一种奇特做法。从结构功能来看，大内额与“檐额”的作用略同，主要是为适应殿宇内部减柱而产生的一种构架方法。最早的实例见于五台佛光寺文殊殿和朔县崇福寺弥陀殿两座金代建筑。而元代则直接继承了金朝的技术传统，大内额的使用，在木结构中占有突出地位。

它的特点是：殿内柱子少，活动空间大，在内额上排立屋架，不仅可以节省几根大梁，而且使结构关系产生了变化。有时在一座殿宇内，各缝梁架会出现几种不同的处理手法，这是元代匠师在结构设计上的一项大胆尝试。

(四)斜栿的应用

辽、宋时期的木构殿阁，外檐斗栱多用真昂，借昂尾来承挑平槫，以维持檐部里外的平衡。宋《营造法式》及金代五台佛光寺文殊殿中已出现“斜栿”，但在宋代以前的其它遗构中未曾见到实例。到了元代，斜栿又获得了进一步的发展，在梁架中占有突出地位。

其结构手法是：在平梁之下使用巨大斜栿作为荷重构件，外端搁在外檐柱头斗栱上面，后尾搭在内额上，承托两步至三步椽子，使与梁架结成一个有机整体，不仅简洁利落，而且符合力学原理。这种做法在元代木构中取得了很高的成就。如广胜上寺前殿斜栿的应用就是一个典型实例。

(五)抹角梁的应用

在歇山顶或庑殿顶的木结构中，内檐四个转角部分，多使用抹角梁，作为里转角的辅助构件。不仅对于保持角梁后尾的稳定性起着有效的作

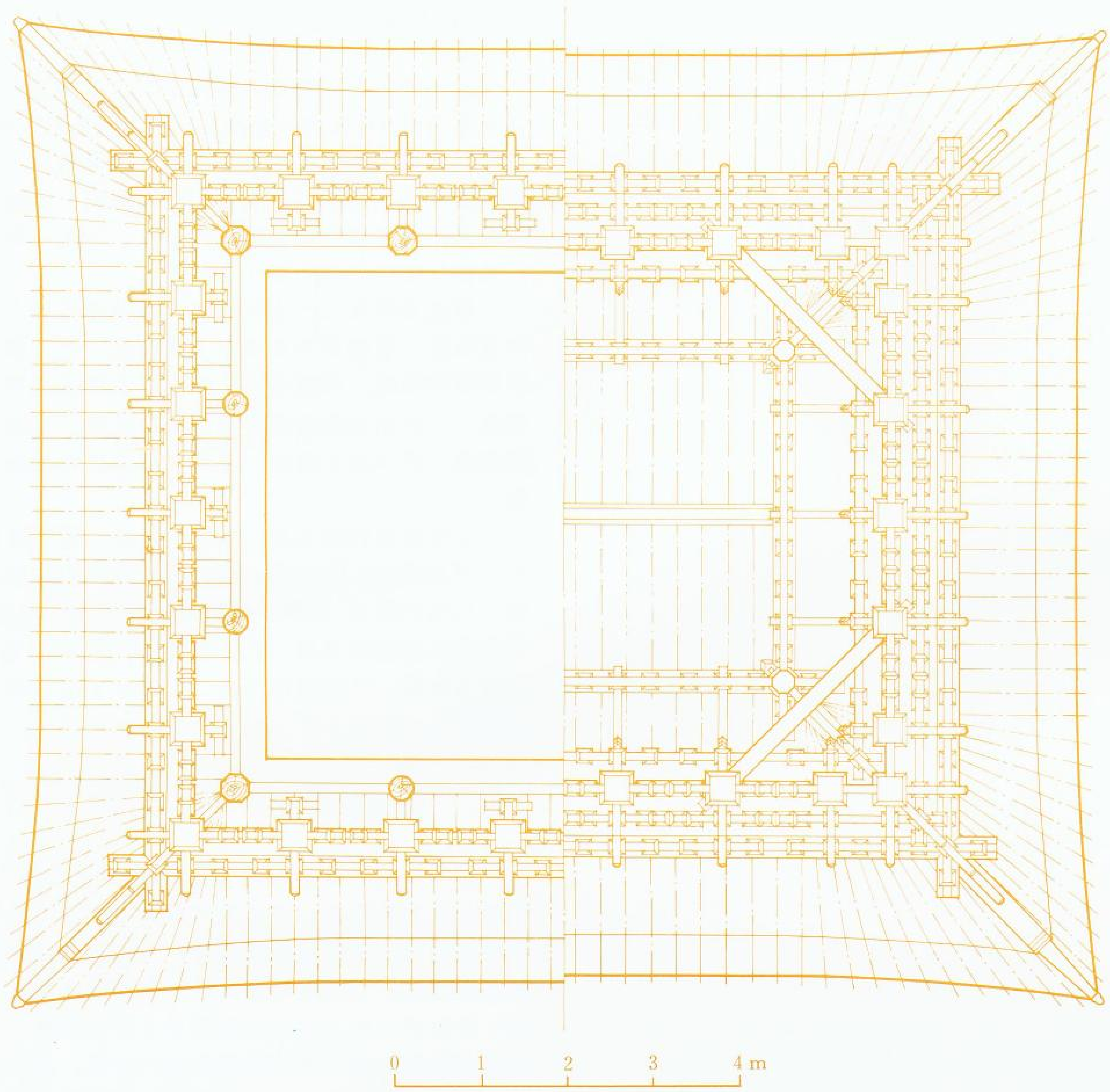


图5-7-30 河北定兴慈云阁上下檐梁架仰视图

用，而且在加强四个屋角的建筑刚度方面也起着重要的作用。因此，在元代木构中，这种构件使用得非常广泛，如定兴慈云阁，芮城永乐宫无极门和济南正觉寺大殿等都是成功的范例。

(六)斗栱结构的变化

木结构发展到元代，以柱、梁为主干的结构体系发生了巨大变革，变化最显著的是斗栱：用材尺度大为缩小，结构机能减弱。唐、宋以来柱头斗栱的下昂(真昂)，到了元代已变成装饰性的构件(假昂)，而将梁的外端斫成耍头，伸出柱头斗栱的外侧，用以承托挑檐檩(或挑檐枋)，具有更好的刚度和稳定性，在结构上取代过去依赖斗栱承托屋檐的传统做法。因此，从元代起，外檐斗栱使用"假昂"已成普遍现象，标志着柱头斗栱的结构机能较宋、金时期大为退化。

只是在补间铺作中，有时还继续使用"真昂"作挑斡构件，后尾斜伸向上，以支撑平榑，在一定程度上仍起着杠杆作用，但在大木结构全体中只起辅助作用而已。值得注意的是，如永乐宫重阳殿，补间斗栱出现了"起秤杆"和"菊花头"等新型构件，已开明代"溜金斗栱"的端倪，正是斗栱自宋代"真昂"向明代"假昂"逐渐过渡的有力证据。

(七)节点构造趋向简化

梁架节点构造，早期木构习惯使用栌斗、驼峰和骑栿令栱等作联结构件。从元代起，节点构造则日趋简化，往往将梁身直接置于柱上或插入

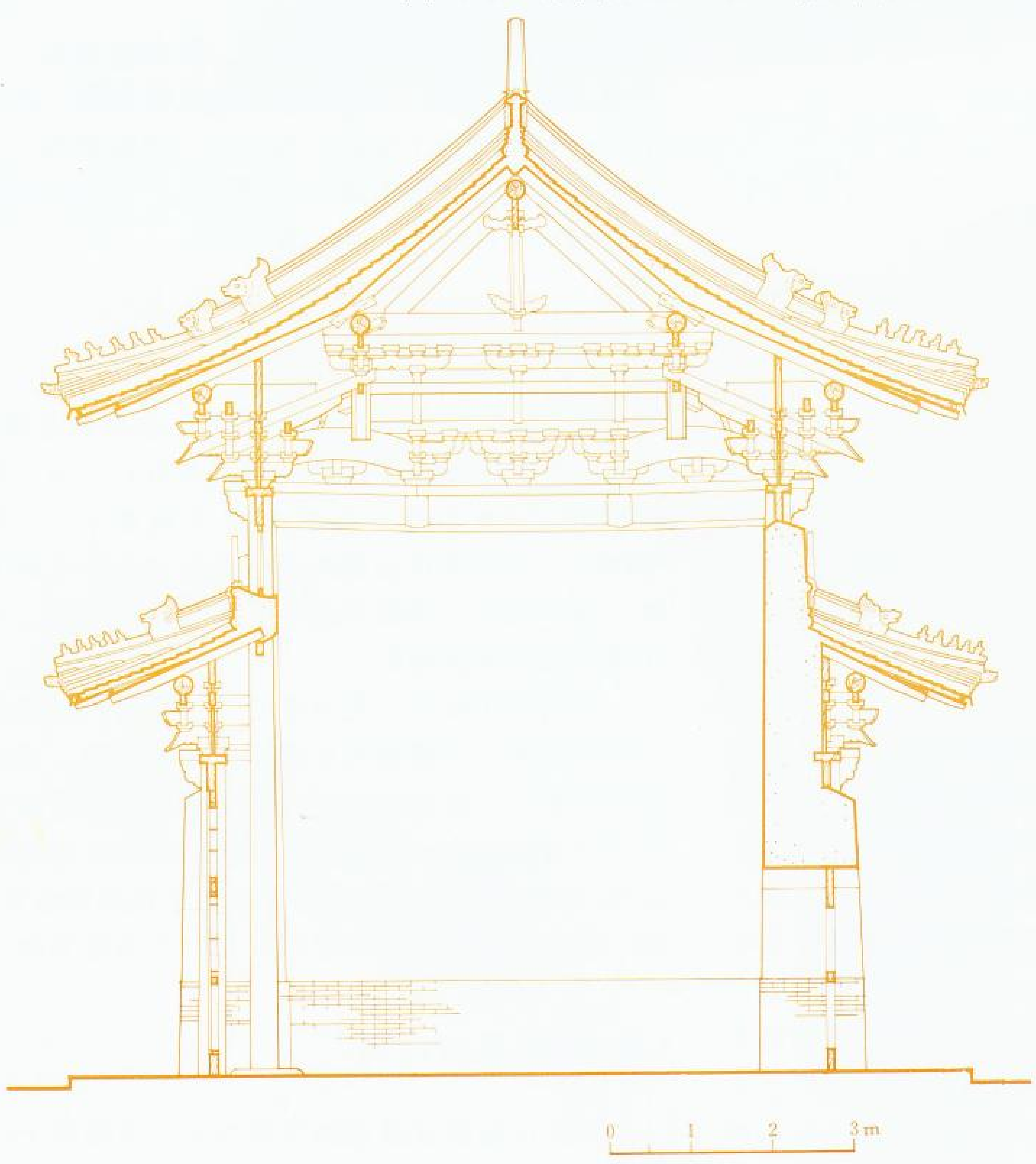


图5-7-31 河北定兴慈云阁横断面图

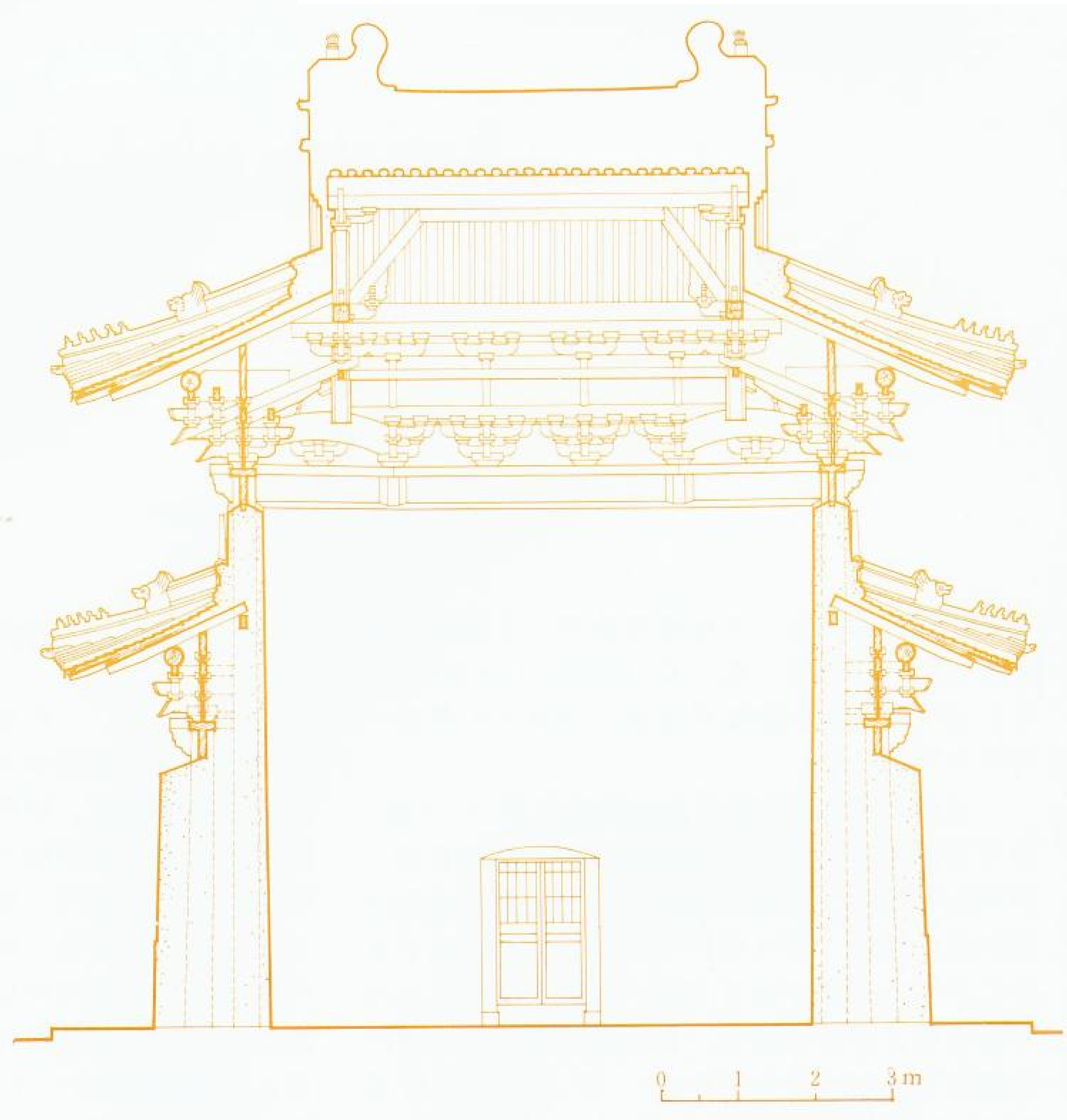


图5-7-32 河北定兴慈云阁纵断面图

柱内，使梁与柱的结合更加紧密。蜀柱的柱脚改用开榫做法，直接插入梁背，两侧用“合楷”固结，从而淘汰了栌头、驼峰一类的构件、所有柱、额、槫、枋的交接点，普遍使用各种奇巧的榫卯来结合。例如：檩条的节点使用“螳螂头”榫卯，普拍枋的节点采用“勾头搭撑”做法，阑额两头入柱部分采用“透榫”穿过柱头，使节点结合得牢固有力，加强了结构的整体性。（图 5－7－33)。

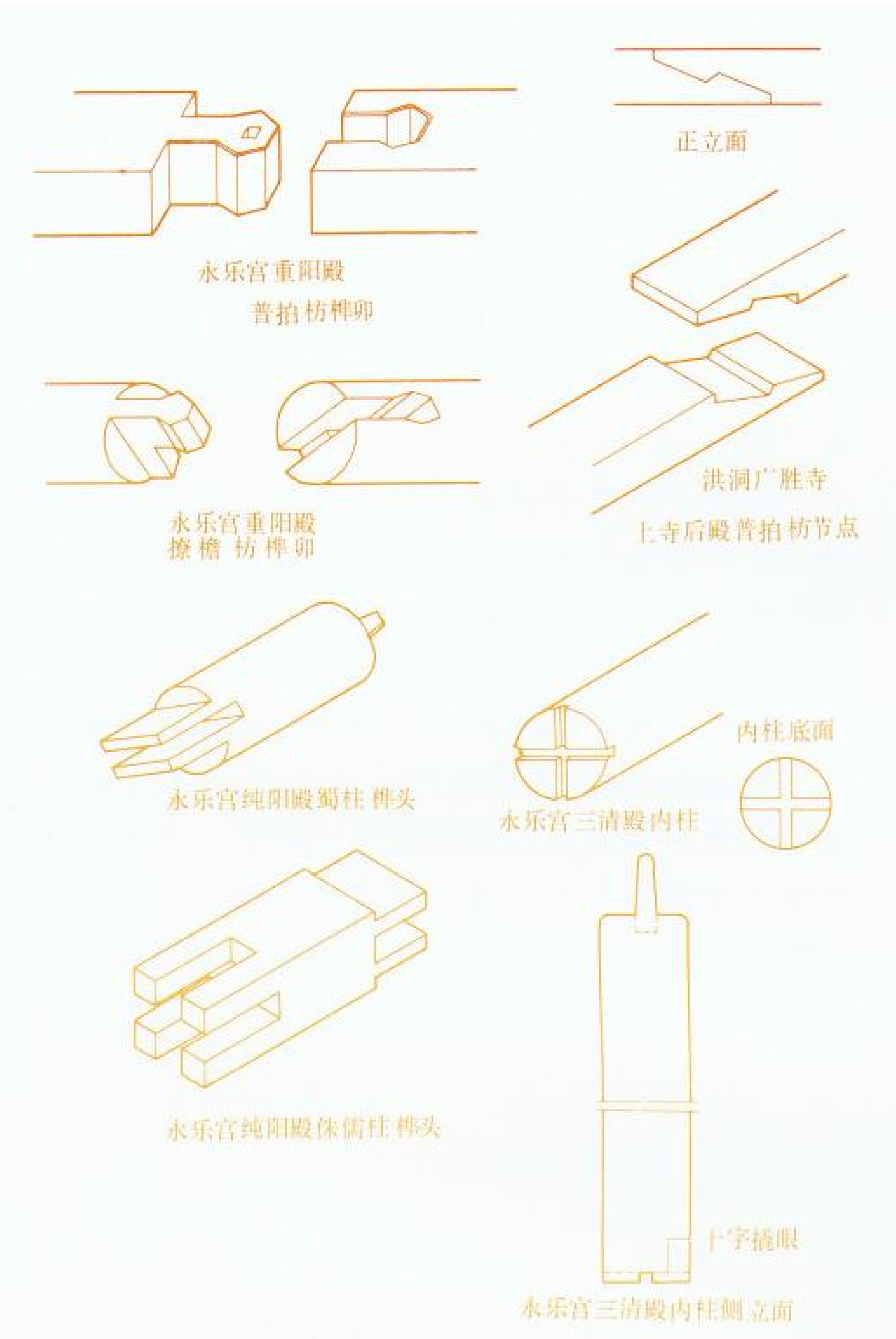


图5-7-33 元代木结构榫卯做法

(八)刚度与整体性的改进

若干木构遗物清楚地表明，元代匠师总结了辽、宋木结构的实践经验，十分重视建筑物的刚度与整体性。以楼阁建筑为例，从元代起取消了早期惯用的“叉柱造”，淘汰了平座暗层部分的复杂结构，将内柱直接升向上层。这样，不仅简化了结构，加强了整体性，而且改善了室内采光效果，使楼阁建筑的结构体系产生了巨大变革。如定兴慈云阁就是一个典型例证。这种结构形式，曾对以后的明、清楼阁建筑产生了深远的影响。

元代后期的某些殿宇建筑，如上海真如寺正殿，曲阜颜庙杞国公殿等，出现了穿插枋、跨空随梁枋及由额枋等辅助性构件。纵架中的襻间结构，这一时期也开始趋向于简化，取消了结构复杂的襻间斗栱，或代之以随檩枋，或采用足材实拍襻间。所有这些新出现的大木构件，对于改善整座建筑物的刚度都产生了良好效果。

(九)柱的生起与侧脚的变化

早期木构中柱生起与柱侧脚的制度，元代建筑仍在继续沿用着，但其比例关系却因地而异，地区性的差别比较显著。以永乐宫和广胜寺的几座元代建筑为例，角柱生起的比例一般都偏低。如七间殿，角柱仅生起五寸，五间殿，角柱仅生起三寸。但檐柱侧脚的比例却非常突出。例如檐柱侧脚 2—3％，而山柱的侧脚则为1.3～2％。因之，对于整座建筑物的造型与质量重心都产生了一定影响。

同时，檐柱高度一般都比面宽略长，柱高已逾间广，使房屋的尺度感也起了变化。

但江南地区的元代木构，生起与侧脚的比例却与北方木构不同。以元延佑七年（1320年）的上海真如寺正殿为例：面阔三间，角柱生起二寸，与宋制相同；而檐柱侧脚比例为 1.8％，内柱侧脚 2.5％，侧脚程度都已超过 1％的比例。但檐柱高度却小于面宽。整座建筑造型，基本上仍保持了宋代的比例。

(十)南北建筑风格的差别

由于南北方建筑匠师的技术传统有所不同，因此元代木结构的造型，南北方在艺术风格上存在显著差别。大体说来，北方木构一般都采用直梁、直柱，大木构件，用材比例粗巨雄壮。梁、柱、椽等皆用简单斫截做法，设有卷杀一类的艺术加工，工艺质量粗糙，线条轮廓比较僵直，呈现一种稳重而拙壮的艺术风格。而江南一带的元代木构，仍保持着南宋时期的艺术传统，木构件细部处理广泛采用“卷杀”手法。如梭柱、月梁、椽头、昂嘴等都有细致的艺术加工。梁、额用材比例挺秀，线条轮廓柔和，呈现一种轻巧绚丽的艺术风格。

第八节 明清木结构

我国明清时代木构建筑，较之以前各时期保存得最多、最为完整。许多居住房屋今天还在继续使用着。尤其是集中劳动人民所创造的财富、役使最有经验的工匠建成的宫殿、坛庙、寺观、园林等实物大量被保存了下来。明清故宫是保存下来的一处规模宏大而又完整的宫殿建筑群。沈阳宫殿规模虽小，但也反映了东北地区的建筑特点。北京的北海、颐和园以及苏州、扬州等南方园林，把各种亭、台、楼、阁、厅、堂、轩、榭等等木构建筑及假山叠石荟集一起。各种寺观和陵墓、坛庙等的木构建筑规模宏大，结构精巧。因此，明清时期的木构建筑实物具有古代木构建筑类型与结构的丰富实例，表现了我国封建社会后期木构技术上的成就。

明清两朝在政治制度方面更进一步强化等级观念，在城市规划、宫廷制度、建筑装饰各方面都充分反映了这样的情况。就以技术性较强的木结构来看，也同样得到鲜明的反映。明朝洪武二十六年规定：庶人房舍不得超过三间五架，不许用斗栱、饰彩色。就是统治阶级内部的房屋也是等级森严，不得逾越，例如：一品、二品官员的住宅厅堂为五间九架，三品、五品官员的厅堂为五间七架，六至九品官员的厅堂为三间七架等等。甚至在明清皇宫中的建筑也有帝、后、妃、嫔等等级，以及前朝、后寝、游乐等等按使用性质的分级。开间的大小，梁柱的尺度，所用斗栱的级别或不许用斗栱，都有严格的规定。清工部《工程做法》也正是从技术方面来体现皇家建筑的等级观念的。

一 明清木结构技术的发展变化

明清时期的木构建筑技术，与当时的政治、经济、文化艺术情况相适应，在官式建筑上尤为突出。主要表现在以下几个方面。

（1）建筑设计更加规格化、程式化：我国木构建筑的设计到唐宋时期已经有了一套完整的设计规范，宋《营造法式》即是总结了以往两千年来的建筑经验订出的官式建筑设计规范。其中很重要的一项是对于木结构部分，提出了以“材”（斗栱的断面高度）为“模数”的制度。材分八等，按规模大小选用。选择了某一等材之后，梁、柱、檩、椽等构件的用料尺度即可按比例推出。但在用料尺度上还有伸缩余地，可以根据实际情况酌宜加减。而总结了明清时期设计经验的《工程做法》则较之《营造法式》更为规格化、程式化。殿式建筑以“斗口”为基本模数，只要定了一种斗口的等级，整个建筑的各部分用料尺度就可以得出，伸缩变通的余地很少。柱网的布置到了明清时期也进一步规格化了，在宋、辽、金、元的建筑实物中，常常有减柱造的做法。这种做法能满足使用的功能要求。减柱造要求设计人离开陈规，进行探索试验。明清的官式建筑，如明十三陵棱恩殿、故宫太和殿都不用减柱造（在明初和清代少数建筑中尚保存有减柱造的做法）。这种不用减柱造的柱网布置固然简单，但是也使建筑设计更加死板，束缚设计人员根据实际情况发挥主观能动性的积极作用。

（2）大木构件力学功能减退：我国古代建筑工匠们在长期的营造实践中，得出了材料性能的力学规律，特别是对木材的承压、抗弯、受剪等能力方面有丰富的经验。如象唐代佛光寺大殿梁枋的高度比为3 ：2左右，《营造法式》中，梁枋等构件的断面高宽比也为3：2。辽代独乐寺观音阁梁的高宽比约为2:1等等。这样的高宽比从材料力学原理上看，是比较经济合理的。而明清官式建筑，特别是到了清代，《工程做法》规定梁枋断面高宽比为10：8或12:10，已经接近正方形了，不仅不符合材料力学的原理，而且加重了结构本身的自重，这是一种技术发展停滞的现象。

（3）斗栱功能的减弱：斗栱是我国工匠在长期的营造实践中创造出来的木结构构件中重要的组成部分。它对于挑出屋檐和减少梁、檩、枋、椽的剪力和弯矩方面起着实际的作用，同时也是构成我国木构建筑艺术的重要因素。《营造法式》和《工程做法》以斗栱的“材”、“栔”或“斗口”做为设计的模数。斗栱这一部分构件从早期的实物和文献、图刻、绘画资料中，我们可以看出它和整个建筑的比例比较雄大，结构功能上起着较大的

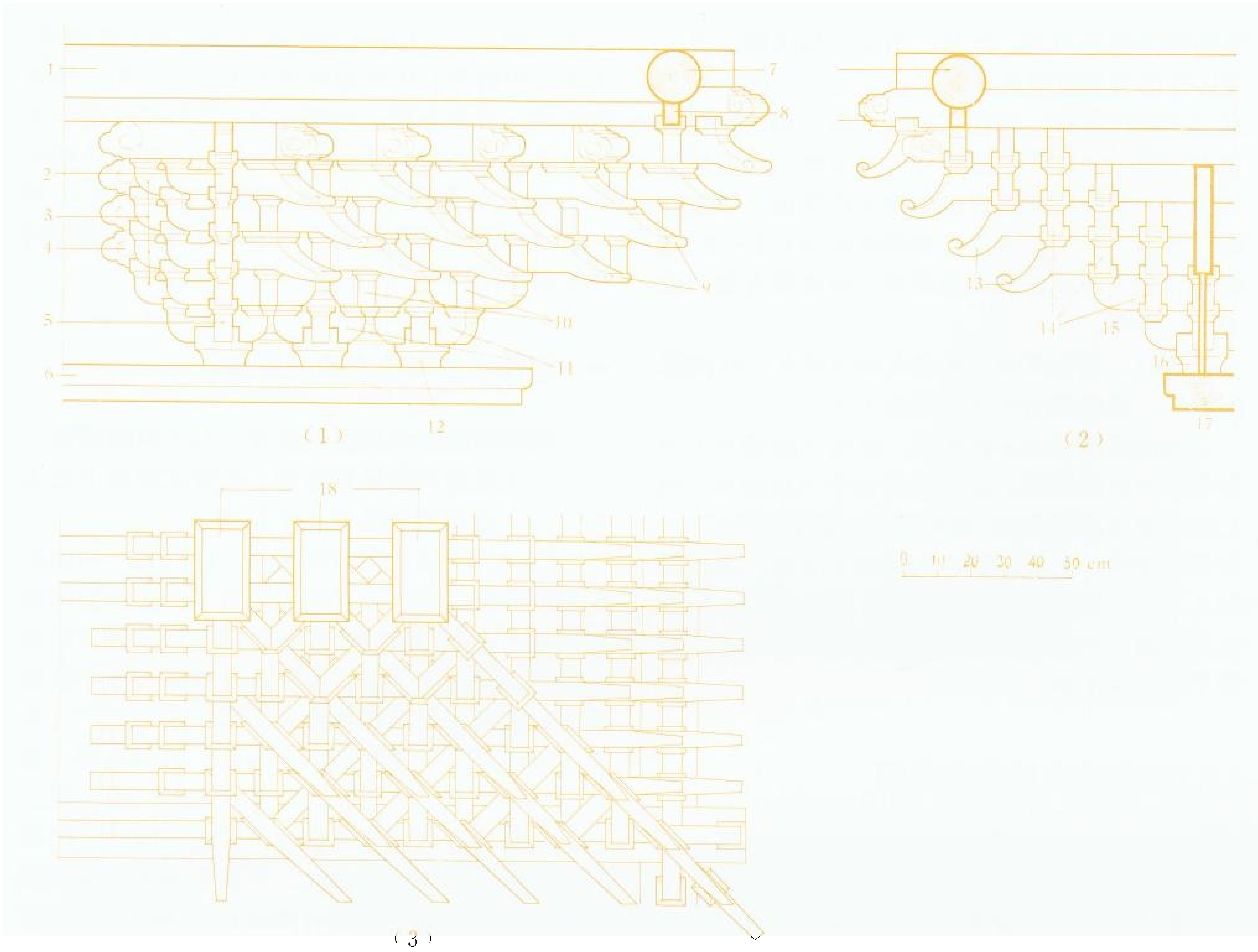


图5-8-1　南方如意牌科

(1)正立面图；(2)侧立面图；(3)仰视平面图1.廊桁；2.凤斗昂；3.斗六升栱；4.云头；5.十字栱；6.斗盘枋；7.廊桁；8.连机；9.斜凤斗昂；10.十字栱；11.网状斜栱；12.大斗；13.凤头昂；14.斗三升栱；15.十字栱；16.大斗；17.斗盘枋；18.大斗

作用。而我们从实物、图象和文字资料的研究中，发现斗栱从早期到晚期逐渐缩小，到了明清时期更为缩小，在结构功能上也随着大大减弱，有些建筑上的斗栱已成为纯粹的装饰构件了。斗栱功能的减弱，是明清时期木结构的一个重要的变化，影响到建筑物的外形。有一种如意斗栱，成了房檐下的华丽装饰（图 5－8－1）。

（4）侧脚、生起的逐渐减小或消失：侧脚和生起，是我国古代木构建筑中的两种重要的技术处理方法。这可以使建筑构架下大上小，重心稳定，对于抵抗风力和地震外力的危害都起着一定作用。在现存古代实物如唐代南禅寺、佛光寺以及宋、辽、金时期的木构建筑都存在这种重要的结构特征。《营造法式》上也有明确规定。到了明清时期，柱生起的做法已不多见，柱侧脚的做法虽然仍被保留下来，只是倾侧的角度已经很小，不易看出了。

（5）木构件砍割手法简化：我国古代建筑工匠为了取得艺术的效果，在木构件各部分砍割手法上充分发挥了艺术才能。如柱头卷杀，只是砍削了柱头上本来不承载压力的边沿部分，使柱头产生圜和的效果，柱身上小下大，也收到稳定感的效果。月梁的做法同样只是砍削梁头，但弓背向上，有背驮千钧之感。其他如斗栱、替木的顱、杀，也都无伤构件的功能，而能取得柔和、圆转的艺术效果。明清时期，这些木构件的砍割手法，逐渐减化消失了。除明初一些建筑之外，斗栱的底侧略去了顱；柱头卷杀、月梁的做法已逐渐消失。这一变化虽然在艺术效果上有些减色，但施工比较简便易做，也有合理的一面。

其它如细部雕作，艺术加工手法等等也都有着一定程度的变化。由于这些变化，给明清时期建筑的风格也带来了很大的影响，唐宋时期那种斗栱雄大、出檐深远、侧脚生起显著、梁柱构件砍割圆转所形成的曲线轮廓等，为僵硬刚直的风格所代替。

明清时期木结构的变化，有一个过程，从明到清的五、六百年中，不是突然的，而是逐渐的，所以有些结构和技术上的变化到了清代晚期才更为明显（图 5－8－2）。

以上所说明清时期木结构技术的变化，主要表现在皇家建筑和一些官式建筑上，在当时的京城北京及华北地区较为显著，而广大的民间建筑和边远地区，建筑工匠们受《工程做法》的约束较少，多是根据实际的情况发挥自己的创造设计修建（图 5－8－3）。

我国两千多年来的木结构技术发展到明清时期为什么会发生这样的转变，仍需从封建社会末期的政治、经济条件以及建筑材料和技术条件等方面去进行分析。

明清封建社会的政治、经济正在走向没落和崩溃的阶段。封建统治阶级愈是感到末日的来临，愈是要加紧对劳动人民的镇压与剥削。从思想和精神上来麻痹人民，是其重要的手段。明清王朝的统治者要显示他的威严，在京城、皇宫和坛庙等规制上力求复古，在建筑形体上则力求显示帝

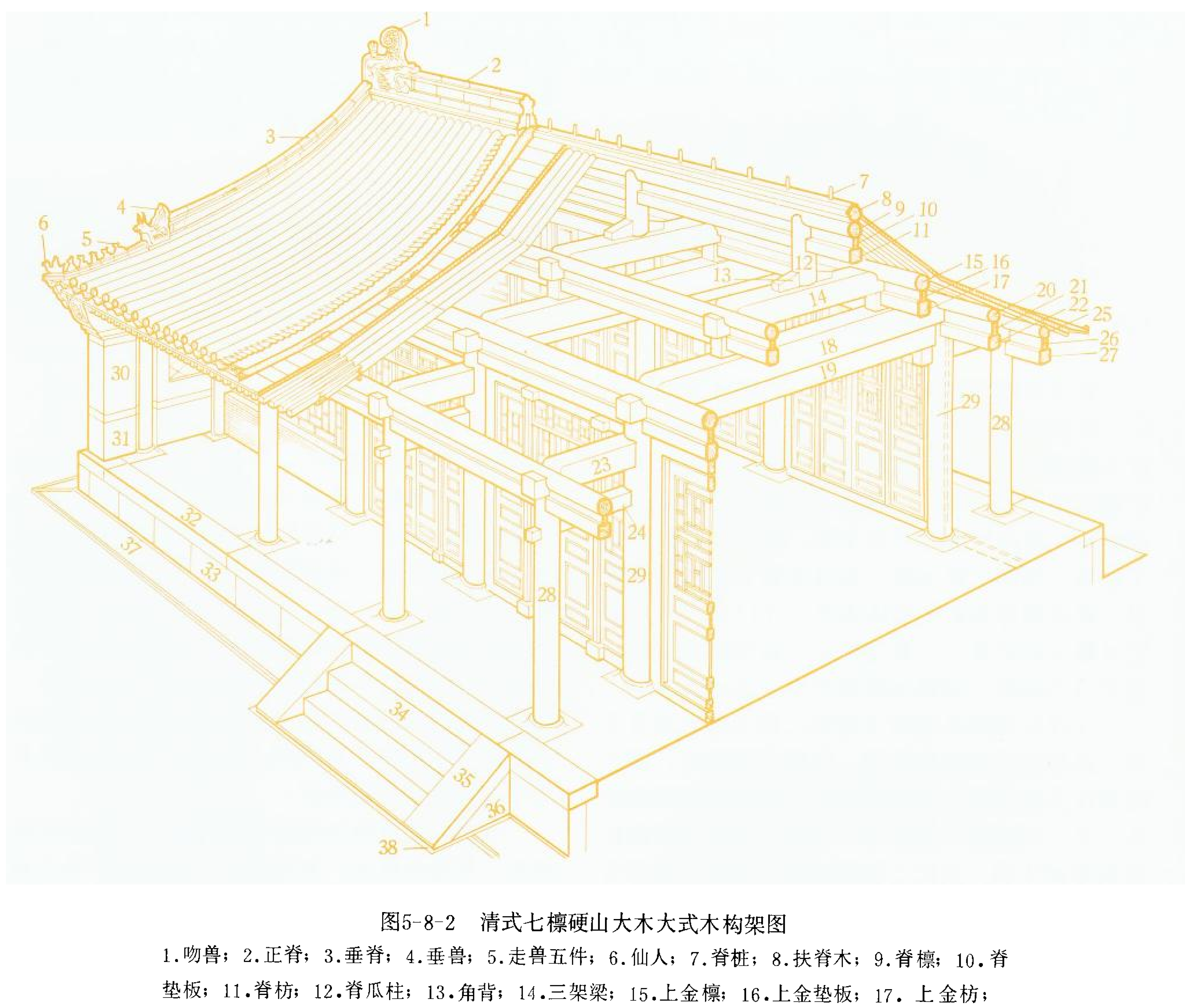


图5-8-2　清式七檩硬山大木大式木构架图

1.吻兽；2.正脊；3.垂脊；4.垂兽；5.走兽五件；6.仙人；7.脊桩；8.扶脊木；9.脊檩；10.脊垫板；11.脊枋；12.脊瓜柱；13.角背；14.三架梁；15.上金檩；16.上金垫板；17. 上金枋；金枋；18.五架梁；19.随梁枋；20.老檐檩；（下金檩）；21.老檐垫板；22.老檐枋；23.抱头梁；24.穿插枋；25.檐檩；26.檐垫板；27.檐枋；28.檐柱；29.老檐柱（金柱）；30.墀头31.墀头腿子32.阶条石33.陡板石包砌台基34.踏垛35.垂带石36.象眼37.散水38.土衬金边

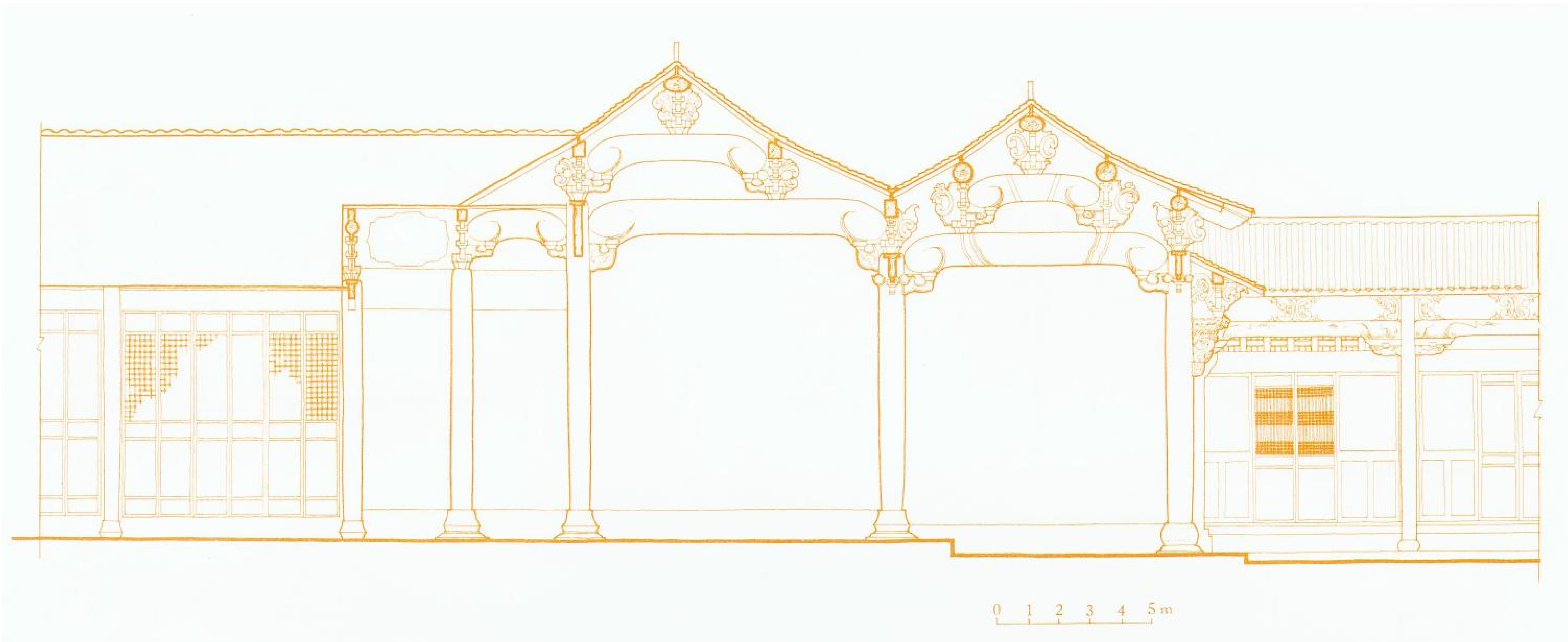


图5-8-3 （1）浙江东阳卢宅肃雍堂剖面

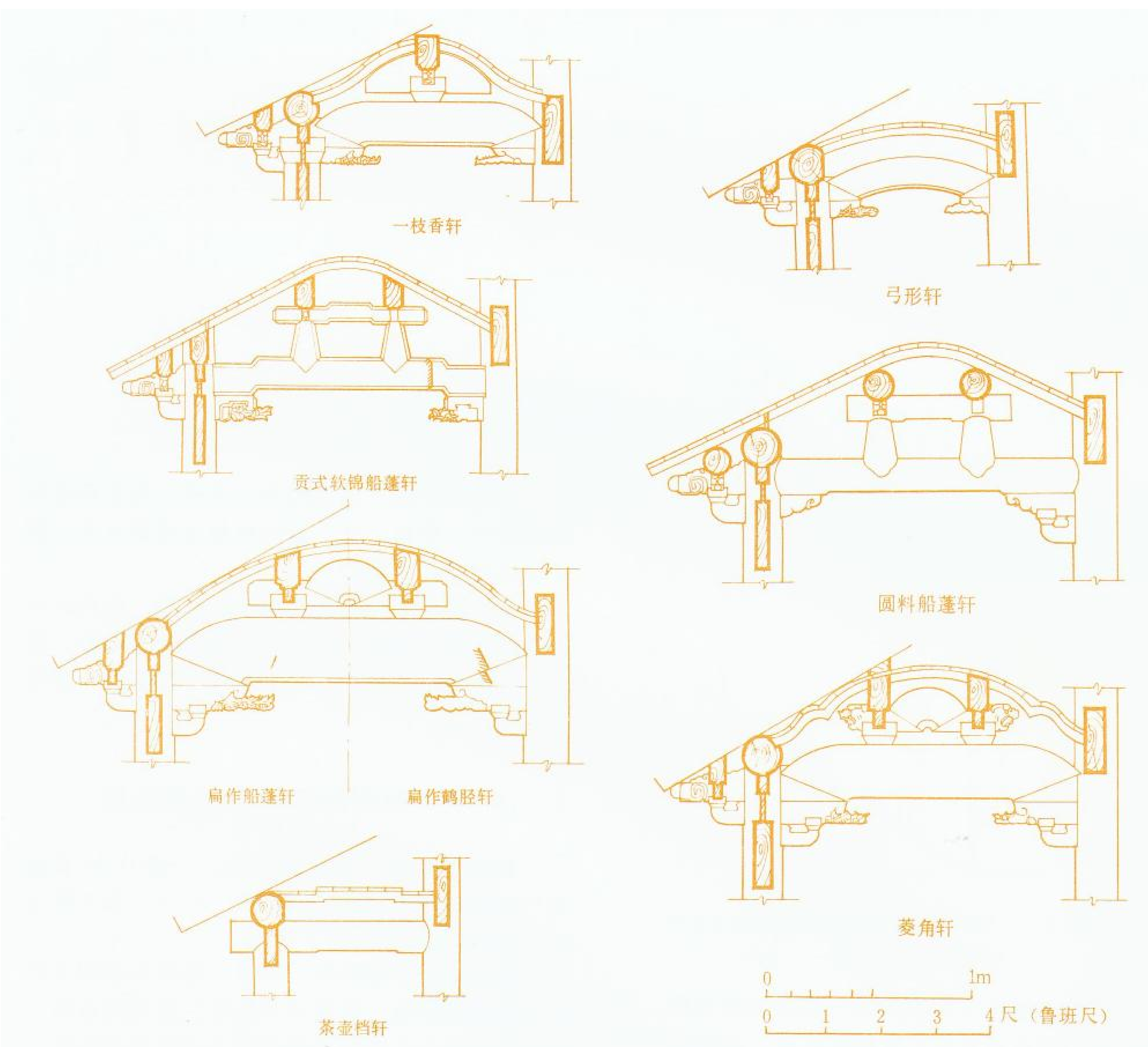


图5-8-3 （2）苏州各种轩的做法

王的威严。故宫中象征封建皇权的太和殿，企图以高耸的构架、雄大的殿宇来显示帝王的威风；天坛的祈年殿，十三陵的棱恩殿以及雍和宫、承德八大庙建筑群等等也都以构架高耸、殿阁巍峨来显示皇权、神权的威风，从而达到思想和精神统治的效果。

为了达到这样的政治目的，需要有经济的基础，要有充足的建筑材料资源和技术的力量。然而，封建统治阶级对自然木材资源只知砍伐而不知植造，到明清时期华北地区的木材资源已将采伐殆尽。明代初年，为了北京宫殿、陵墓和坛庙的修建，役使了大量的劳力在四川、云南、贵州以及华南等地砍伐。当时还能采伐到一些珍贵的木材，如现存长陵棱恩殿直径1.17米、高13米的楠木柱子，就是例子。掠夺性的砍伐，使全国性的木材资源日益枯竭。木材的缺乏，也是使明清木结构技术发生变化的一个重要原因。此外还有工匠技术的改革，金属另件的使用等等都促使了明清木结构发生变化。

二 明清时期木结构技术的发展

明清时期的建筑工匠们在木材资源日益枯竭、封建统治阶级提出建造宏伟高大建筑物的困难条件下，发挥了高度智慧，使木结构技术得到了发展。

（一）拼合梁柱构件技术的发展

明清时期木结构技术重要的特点之一是拼合料的大量使用。一座高大的建筑物，如长陵棱恩殿内的金柱，共计16根，全部用金丝楠木做成。这样的珍贵大料，需要数百年甚至上千年才能生成，砍伐之后不可能短时期再有。清代时期山林几乎砍伐殆尽，大料非常稀罕，迫于实际困难，工匠们在实践中发展了小料拼大料的方法，创造了包镶柱子、包镶梁。今天在故宫太和殿和天坛祈年殿所看见的直径1.06米、高13米的绘金龙柱子，外表好象一根整料，其实是许多块木料拼合、斗接、包镶而成的。拼合柱、包镶梁，宋代已有，《营造法式》上称作“合柱”、“缴贴”。实物中也有个别的例子，如浙江宁波保国寺北宋时期的合柱。但是如此大规模地、普遍地使用拼合材料，则是明清以来，特别是清代的突出现象。

拼合构件的方法大约有以下几种：

（1）拼合梁：用两块或三块以上的木料拼合而成。两块拼合一般用同样大小的木料拼合成一根梁，拼缝用鱼尾榫（又称燕尾榫、银锭榫等）连接，内部用槽沟暗套榫或是落脚榫，防止上下



图5-8-3　(3)江苏吴县杨湾孙宅

1.楼层山面屋架；2.底层平面；3.楼层平面；4.次间缝楼层屋架

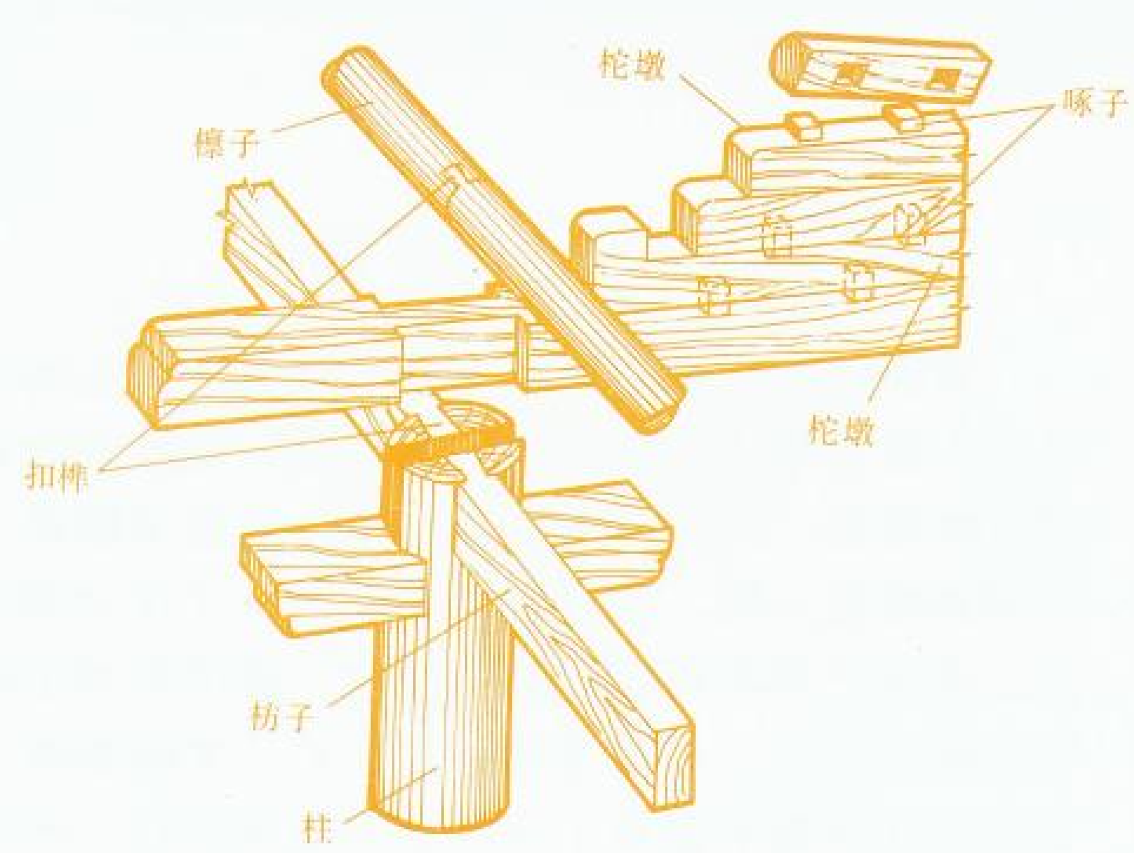


图5-8-3　(4)云南白族木构架局部

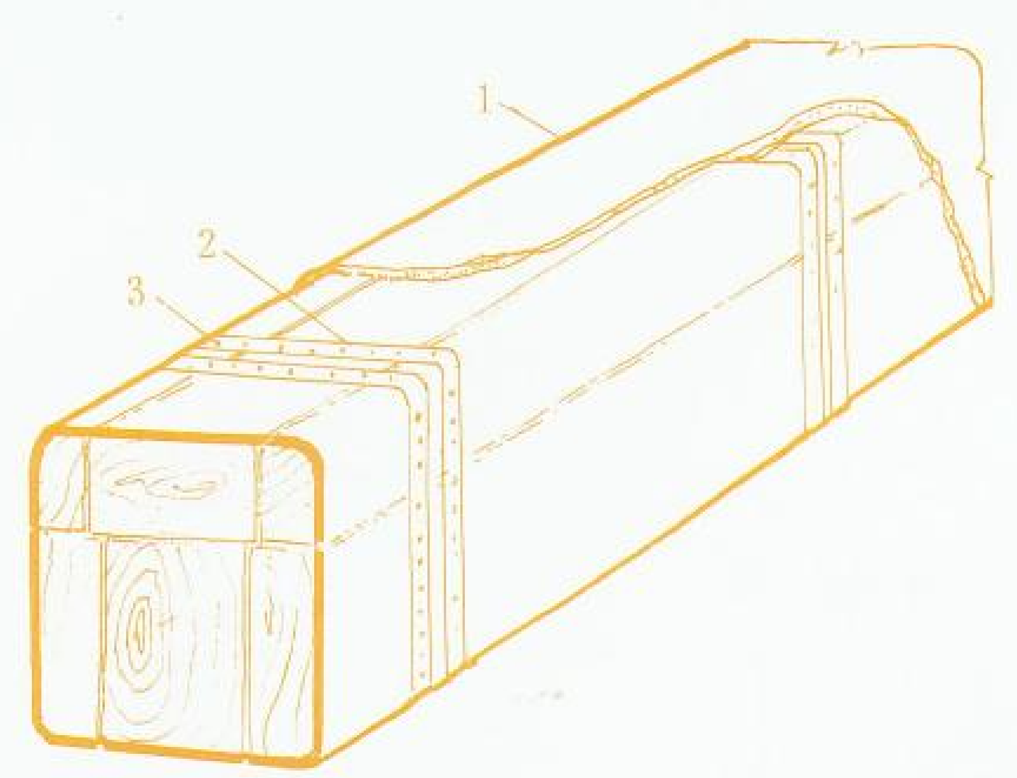


图5-8-4　北京故宫畅音阁双层拼合梁示意图

1.披麻捉灰；　2.铁箍；　3.铁钉；

错动，外用铁箍加固。三块拼成的大梁，一般中间一块木料较大，两边帮上较薄的同样大小的料，也需要榫和铁箍加固，或用扒钩加固（图5-8-4）。

（2）斗接柱子：用两段或三段以上木材接成一柱。斗接通常称墩接，接头处用暗榫，如在山墙内部，外表不作处理。

（3）包镶梁：当中用一根较大的料，四周用数块小料包镶而成，接缝处用榫卯或扒钩联系，外加铁箍。

（4）包镶柱子：中间用一根较大的木料，作为心柱，四周用多块木料包镶而成。包镶木料内部要随心柱形状砍刨，外表随形刨光，用铁钉把包镶木料钉在心柱之上，外面加铁箍箍紧。包镶柱子大都是圆柱，也有一些方形或多角形的。

（5）斗接包镶柱子：过于高大的柱子，可用斗接和包镶两种方法制做，先用两根或多根木料斗接做成心柱，然后外做包镶，包镶木料也需要斗接。这种斗接加包镶的拼合构件，抗压无问题，但抗弯能力很弱，只适用于柱，不适用于梁（图5-8-5）。

拼合、斗接、包镶的梁柱构件，要求很高的制做技术，榫卯、钉、箍的制做都需要认真过细才能达到坚固的效果。

由于拼合木结构构件的大量使用，建筑的外表油饰彩画工程也发生了重大的转变。披麻、挂灰打地仗的技术发展起来，解决了拼缝保护和美观的问题。

(二)穿斗式构架的普遍应用和发展

我国木建筑木构架的结构，一般分为“梁柱式”（也称作“抬梁式”）（图5-8-6）和“穿斗式”（也称作“立帖式”）两种。

梁柱式的梁架结构，在前一部分木结构中已作了详细的叙述，这里不再重复。在此着重谈一谈明清时期保存实物较多的穿斗式木构架情况。

由于穿斗式木构架的建筑物较小，大多用于住宅等房屋上，所以早期的实物保存不多。穿斗式结构的特点，就是用枋子穿过柱子，斗成房架，原则上以柱承檩不用梁。这就是与梁架式构架的不同之点。

穿斗房架的构件主要是柱、穿枋、斗枋、纤子、檩子五大件。

柱：穿斗房架的柱一般比较细，直径约在20—30厘米左右，柱子立在每个檩子之下。有两种做



图5-8-5 （1）包镶柱子做法图



图5-8-5 （2）包镶柱子局部



图5-8-6 （1）梁柱式构架图

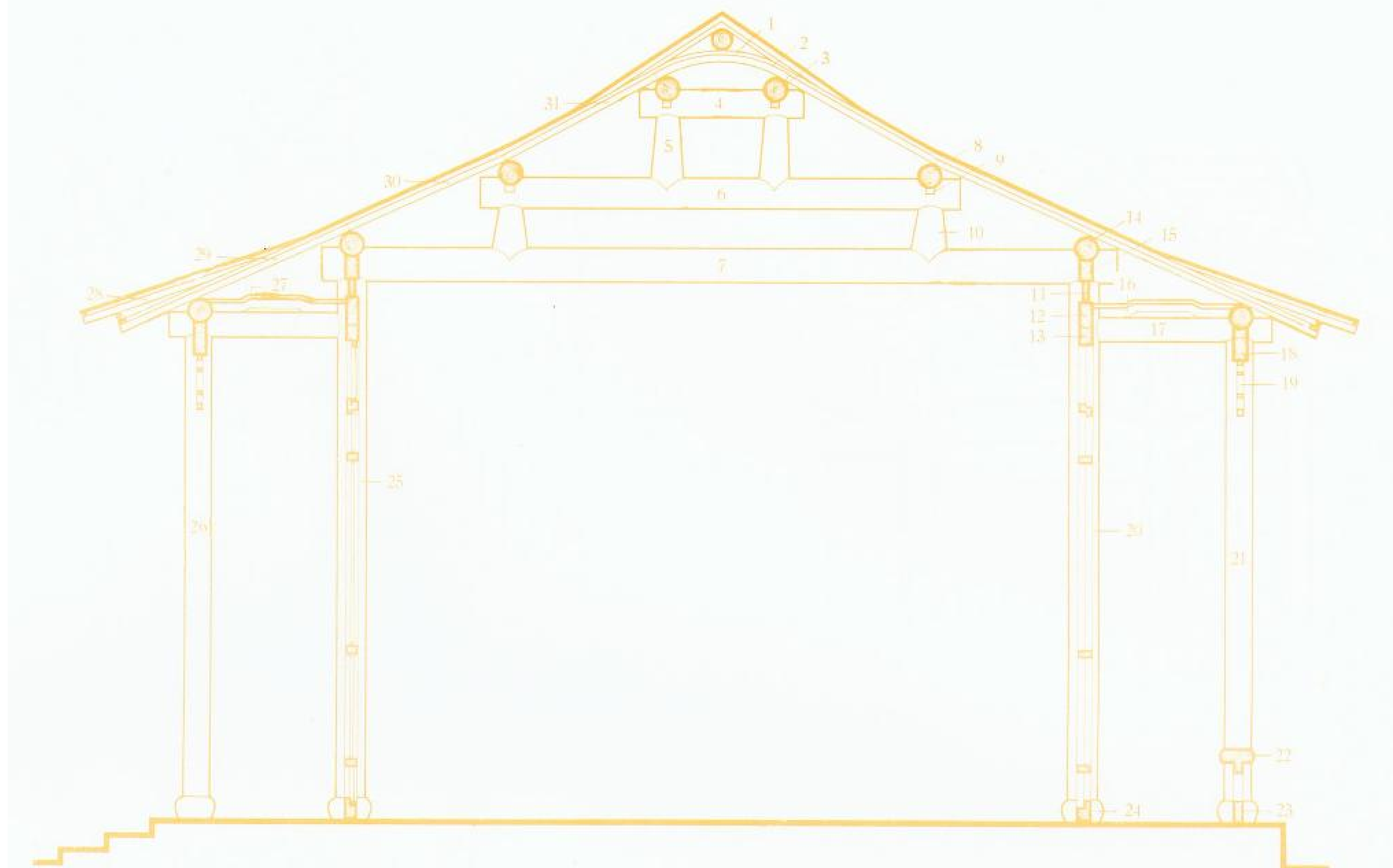


图5-8-6 （2）南方卷棚顶梁柱式构架（回顶鳖壳正贴式）

1.鳖壳；2.回顶椽；3.回顶后桁；4.月梁；5.脊童柱；6.三界梁；7.大梁；8.金桁；9.金机；10.金童柱；11.夹堂板；12.步枋；13.上槛；14.步桁；15.连机；16.茶壶档椽；17.川廊；18.拍口枋；19.挂落；20.后步柱；21后廊柱；22坐槛；23.下槛；24.鼓磴；25.前步柱；26.前廊柱；27.望砖；28.飞椽；29.出檐椽；30.下花架椽；31.上花架椽

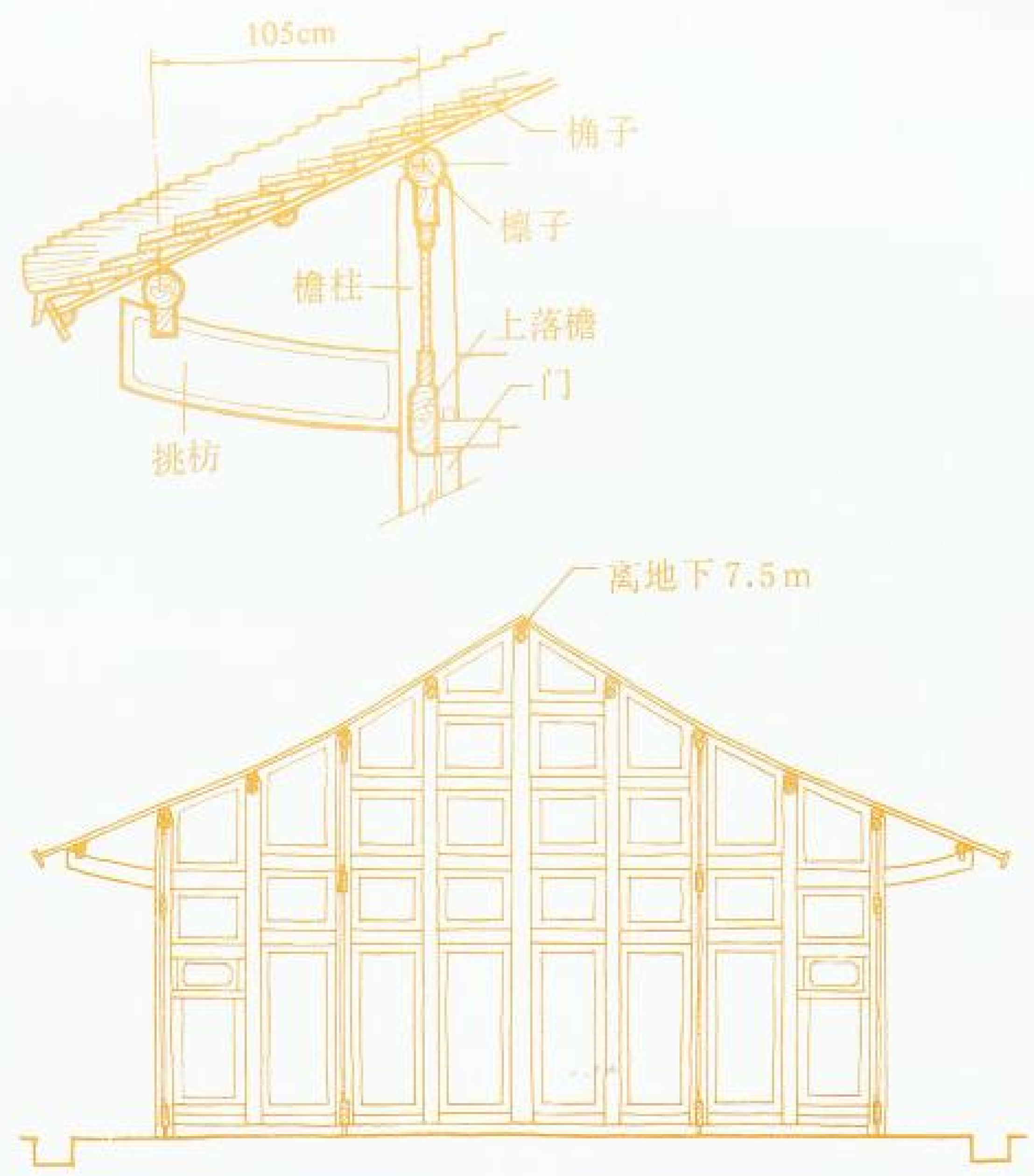


图 5-8-7 （1）四川李庄民居正房穿斗式构架及出檐

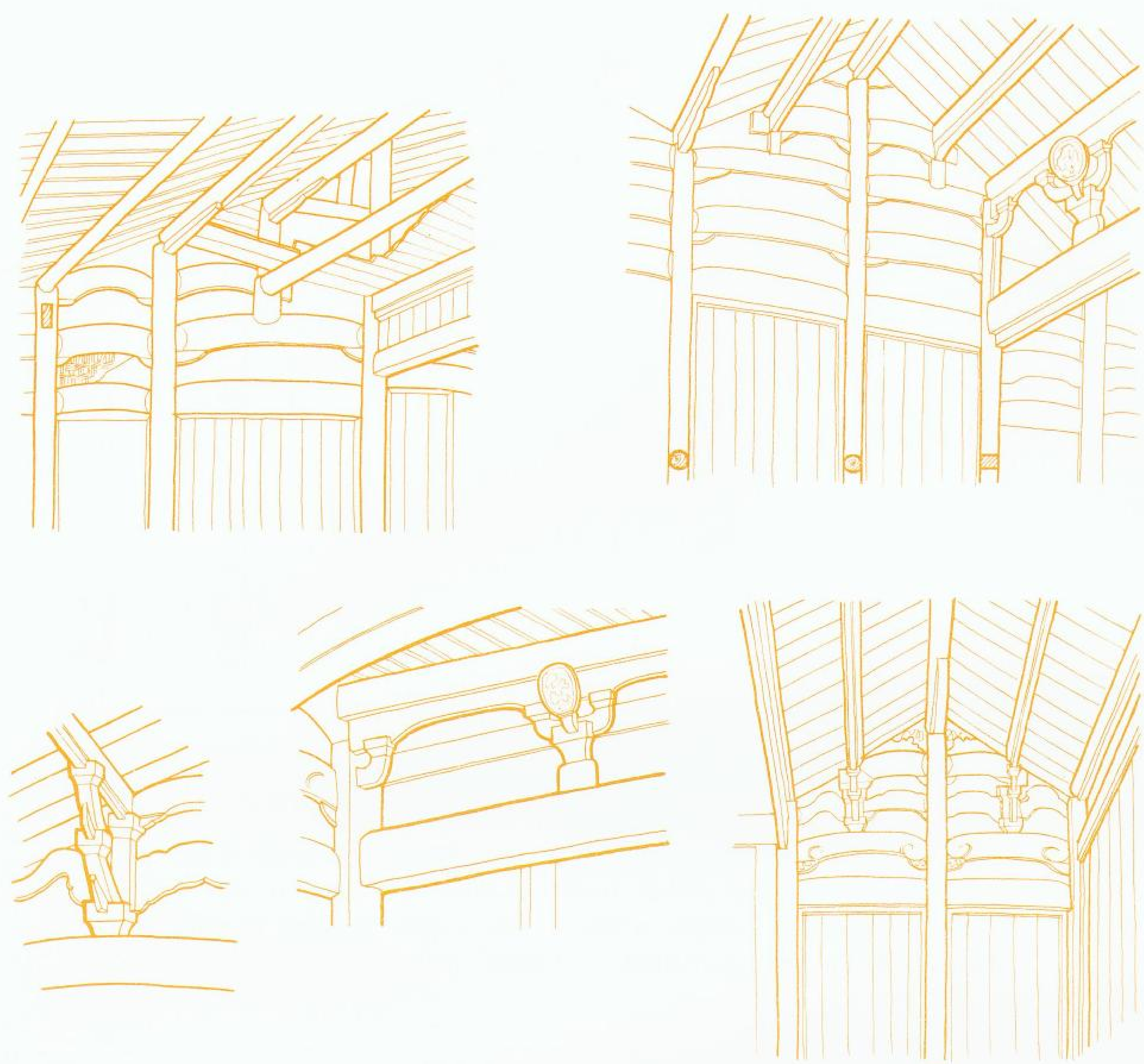


图5-8-7 （2）穿斗式构架示意图

法的柱：一种是每根柱子都落地的，如象四川、云南等地民居所用的形式；另一种是有一些柱子不落地，而插在下层穿枋之上的，如象湖南、湖北等地民居所用的形式（图 5-8-7）。

穿枋：它是联系横向柱子与柱子之间的重要构件。穿枋穿过柱子，把柱子联结成一排架子，上安檩子，作为承重的房架。穿枋的多少看房架的大小而定，小房一般是一穿、二穿或三穿，大房则有四穿、五穿或六穿。一般的情况是：三檩三柱一穿，五檩五柱两穿，七檩七柱三穿，九檩九柱四穿，十一檩十一柱五穿，根据檩柱的多少而定。穿枋有穿连全部柱子的，也有只穿连大部分或一部分柱子的。从承受重量上讲，有一种穿枋只是起联系柱子之用而不承担上层屋顶的重量，这种情况，即是每根柱子都是落地的。另一种则是不落地的柱子插落在下层穿枋之上，穿枋则要承受重量，起着梁的作用，把重量传到相邻的柱子上去。穿枋的断面高而窄，高宽比约为2:1左右，也有到3:1的，一般的尺寸是高10—20厘米，宽 5—10厘米左右（图 5-8-8）。

斗枋：它和梁柱式构架的额枋相同，起着固定穿斗排架的作用。在四川叫做"落檐枋"。在檩子之下也有安檩斗枋的，全柱有上斗枋、下斗枋，有瓜柱（不落地柱）斗枋等等。它与梁柱式的枋子不同之处，在于都穿过柱子，斗成屋架。


图5-8-8 （1）温州住宅穿斗式构架

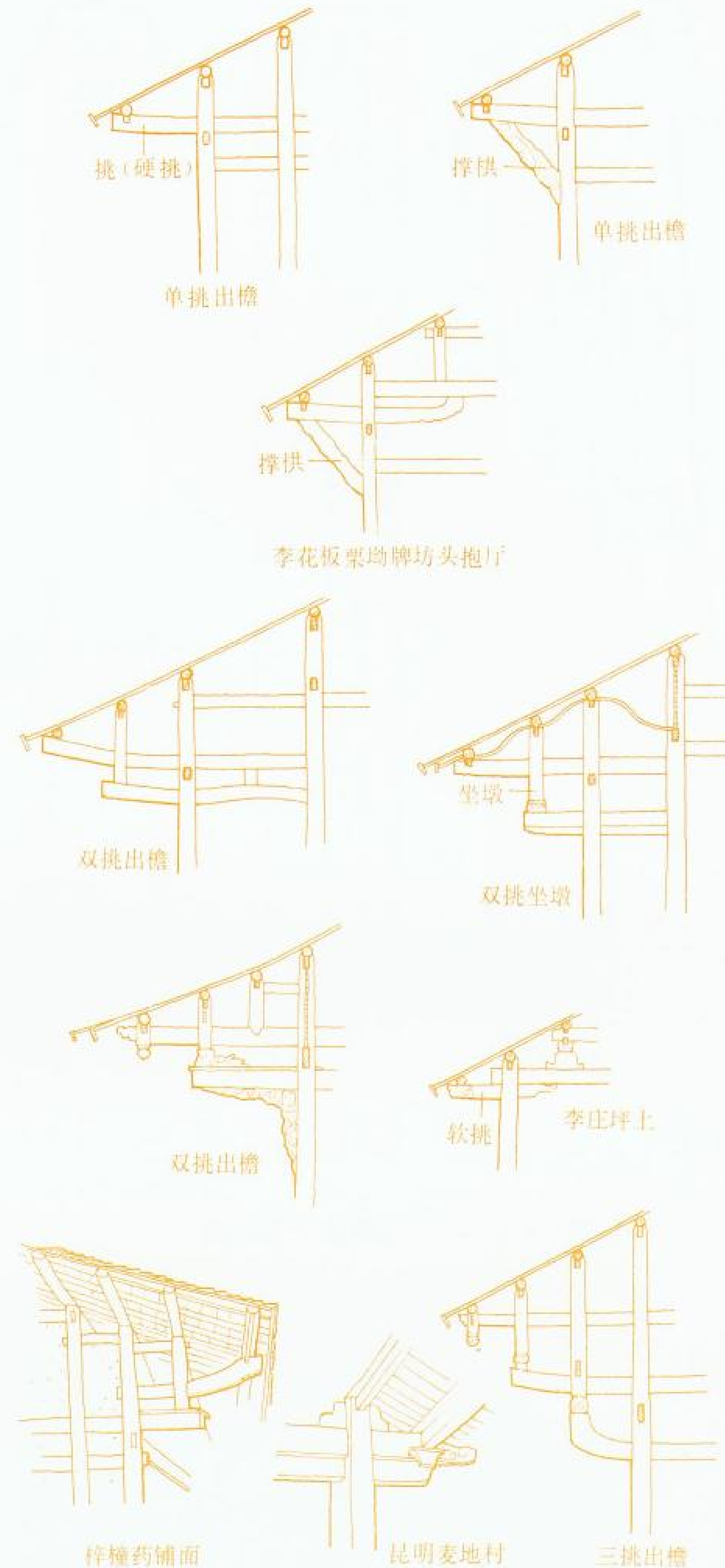


图5-8-9 挑檐结构示意图


图5-8-8 （2）锦屏县侗族房屋

纤子：它是起牵连作用的构件。它和斗枋一起，起着拉连穿斗排架作用，使穿斗排架纵向更为稳定。纤子的位置在下层穿枋的上皮，犹如纵向的龙骨，上面可以铺楼板，作为寝处或储藏物品之用。纤子的尺寸较大，宽高比约为3:2左右。

檩子：与梁柱式构架不同之处是直接搁在柱顶之上，而不是象梁柱式那样搁在梁头之上。

挑檐：挑檐作为遮阳蔽雨的构件，是建筑物重要的实用部分。特别是在雨水较多的地方，尤为重要。它也是穿斗式房架的重要特点之一。穿斗式房屋不用斗栱，但是在解决出檐问题上，它不仅远比斗栱轻便灵巧，而且也更经济合用。根据木结构技术发展的规律，栱和昂可能就是从原始的挑出构件发展而来的。挑檐的做法是用挑枋穿过柱子，承托挑檩（即檐檩），后尾穿入内柱，或是压在穿枋之下。也有用穿枋出头挑檐的。挑出的挑枋较之斗栱在结构上更为稳定，功能也显著。根据出檐长短的需要有一挑、双挑或三挑的。两挑、三挑的本身又构成一个穿斗式排架。一般一挑的出檐可达 1 米以上，两挑可达 2 米，三挑可达 3 米。一挑出檐为了防止剪切，常在挑下加斜撑。为了增加美观，常常在斜撑上进行艺术加工，施以雕刻彩绘（图 5－8－9）。

穿斗式房架是我国木构建筑技术上的一个重要创造，有许多优点。

第一，穿斗式房架多是小料做成，在大料缺乏的情况下，可以用小料修建较大的房屋。

第二，施工简便。先把穿枋和柱子穿斗成一排排的屋架，然后用斗枋、纤子穿起来就构成整个房架。柱、穿枋、斗枋、纤子、檩子等的尺寸都有一定的规律，事先按尺寸做好，到现场加工安装，很快就能做成房架，工期很短。

第三，结构坚固。穿斗式房架的结构，由于穿枋、斗枋穿过许多柱子构成了框架，比较坚固，虽然仍可活动，但是不易拔出，不象梁头那样一拔榫就容易散架。因此它对地震、风暴等的破坏抵抗能力很强。尤其是墙壁是在柱子与穿枋之间安装木板或编竹夹泥，又轻又坚固，不容易倒塌，有很好的抗震能力。

由于穿斗式构架有许多优点，它的使用地区很广，不仅西南地区，长江中下游、中原地区都有使用，是我国南方城乡房屋建筑中重要的一种结构方法。此外，在北方一些小式建筑物上也有使用，如垂花门、过道门等处。

（三）在“举架”和“斗口”模数方面的改革

明清时期的工匠们在各种条件限制之下，对木结构技术仍作了不少改革与发展。如举架的简化、斗口模数的简化等等，对于便利设计施工均有积极意义。

举架，《营造法式》上叫“举折”，这种做法，是形成中国建筑屋顶高耸、屋面颧和的原因。古代工匠们从实践中总结出，要使屋顶易于排水，需要有坡度，梁架一步一步的举高。穿斗式房架则是把立柱由两侧向内逐根加高，形成人字形（或半人字形一面坡）的屋顶。这一人字形的屋面向下稍凹，成为反抛物线形状，便于排水也很美观。古代文献中有“上反宇以盖载，激日景而纳光”，“上尊而宇卑，则吐水急而霤远”的记载，

可以说明这种凹面屋顶的功用。举折这一做法，在我国古代建筑中已有数千年的历史。这里要阐明的是，明清时期的工匠们对以前举折的做法进行大胆改革的情况。《营造法式》中规定的折屋之法（即举折），比较复杂，设计计算起来也较困难。而《工程做法》的规定则是由下逐步加举，逐渐加高，并且增加了“或看形势酌定”的灵活方法。只要屋顶凹下的曲线圆和就可以，设计施工都比较便利了。

“斗口”模数，《工程做法》较之《营造法式》的材上加栔成为足材的双重模数也有所改革，统统都改用栱子的宽度——“斗口”做为模数，设计施工也更为简单了。

此外，明清还广泛使用了“溜金斗栱”，南方称“琵琶科”这是建筑工匠们在斗栱尺度缩小、昂也逐渐成了假昂、功能相应减弱的情况下，为了想使较小的斗栱能起到挑杆作用的一种努力。溜金斗栱的意思是把昂的后尾加长到金檩之下以挑托金檩。这种斗栱在明代早期还可以起一些结构上的作用，但是后来随着整个斗栱的尺度的缩小，也越来越不起实际作用，而更富于装饰性了。这是材料缩小到无法起实际作用的结果，但是这种努力仍然是可贵的（图 5－8－10）。

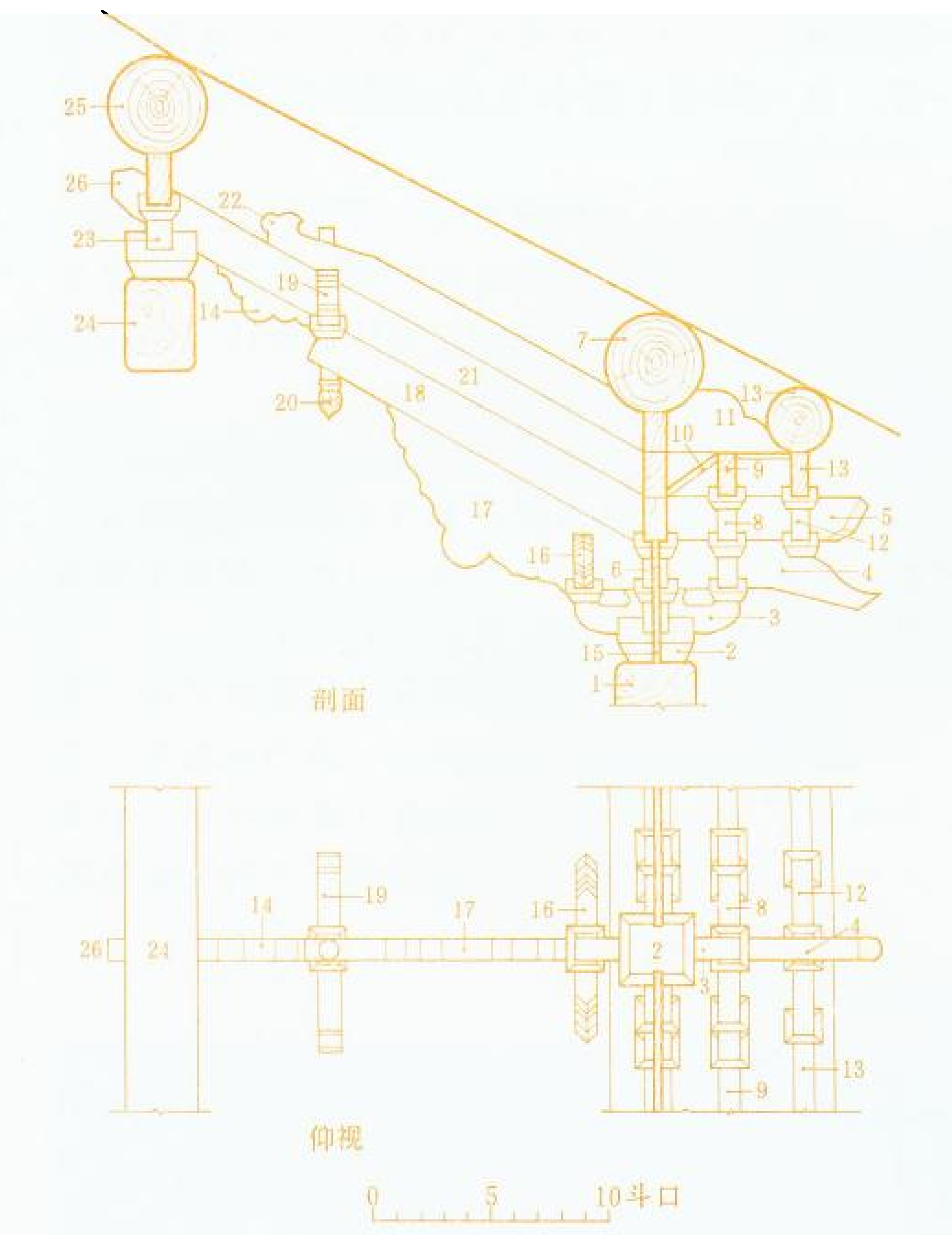


图5-8-10 清式五踩鎏金斗栱

1.平板枋2.坐斗；3.翘；4.昂；5.蚂蚱头；6.正心瓜栱与正心万栱；7.正心枋与正心桁；8.外曳瓜栱与外拽万栱；9.外拽枋10.盖斗板；11.槽桁椀；12.外拽厢栱；13.挑檐枋与挑檐桁；14.菊花头；15.垫板；麻叶云；17.昂后尾带菊花头；18.蚂蚱头后尾带六分头；19.三幅云；20.覆莲捎头；21.撑头木后带秤杆；22.桁椀后带夔龙尾；23.花台科斗栱；24.花台枋（老檐枋、托斗枋）；25.老檐桁；26.三岔头

三 代表明清时期木结构技术成就的建筑遗物

明清时期的工匠们，在材料的种种限制下，仍然创造了许多雄伟高大、玲珑精巧的建筑物，留下了许多宝贵的古代建筑遗产。从这些建筑物上，充分反映了我国古代建筑技术的高度成就。兹举几种建筑实例如下。

(一)大型殿座

（1）明长陵棱恩殿：棱恩殿是明成祖长陵的主要大殿。大殿面宽九间，进深十架（十步椽子），面积 66.75×29.3 米，是现在保存的最大的木构建筑之一（图 5－8－11）。棱恩殿是典型的梁柱式结构，构架非常雄壮，高 25 米，是明代初期最为重要的木构建筑。大殿柱子全部用整根的金丝楠木做成。最大的柱子（金柱 16 根）直径 1.17 米，柱高 13 米，这样大的整根优质木材，现存中国古代建筑中尚无第二处（图 5－8－12）。棱恩殿的外檐斗栱用溜金科做法，昂的后尾伸长到金檩之下，昂的前端尚未折作假昂，还能起到后托金檩、前托檐檩的作用。这是明初溜金斗栱的重要实例。故宫神武门城楼下檐斗栱也与此相同。另明长陵的明楼也很雄伟（图 5－8－13）。

（2）明清故宫太和殿：太和殿是故宫中最大的一座建筑。明朝初年名为奉天殿，中期曾改名皇极殿，清代重修时才改名太和殿。每一个新的皇帝登极，颁布重要诏书，以及重大典礼都在这里举行。所以它成了封建皇权的象征。

太和殿共高 33.05 米，与保和殿、中和殿一起建立在一个高达 7 米的三层工字形白石台基之上，前面是一个 30,230 平方米的空阔的广场，两旁陪衬着东西廊庑和高阁（体仁阁和弘义阁），使大殿建筑更为突出壮观。

明朝初建的奉天殿，按照明代长陵棱恩殿的规模推断，应该比现在的太和殿结构还要雄大。即以现在的太和殿而论，在结构上也是现存木构大殿中最大的一个，殿的规制等级是宫殿建筑中最高的（图 5－8－14）。

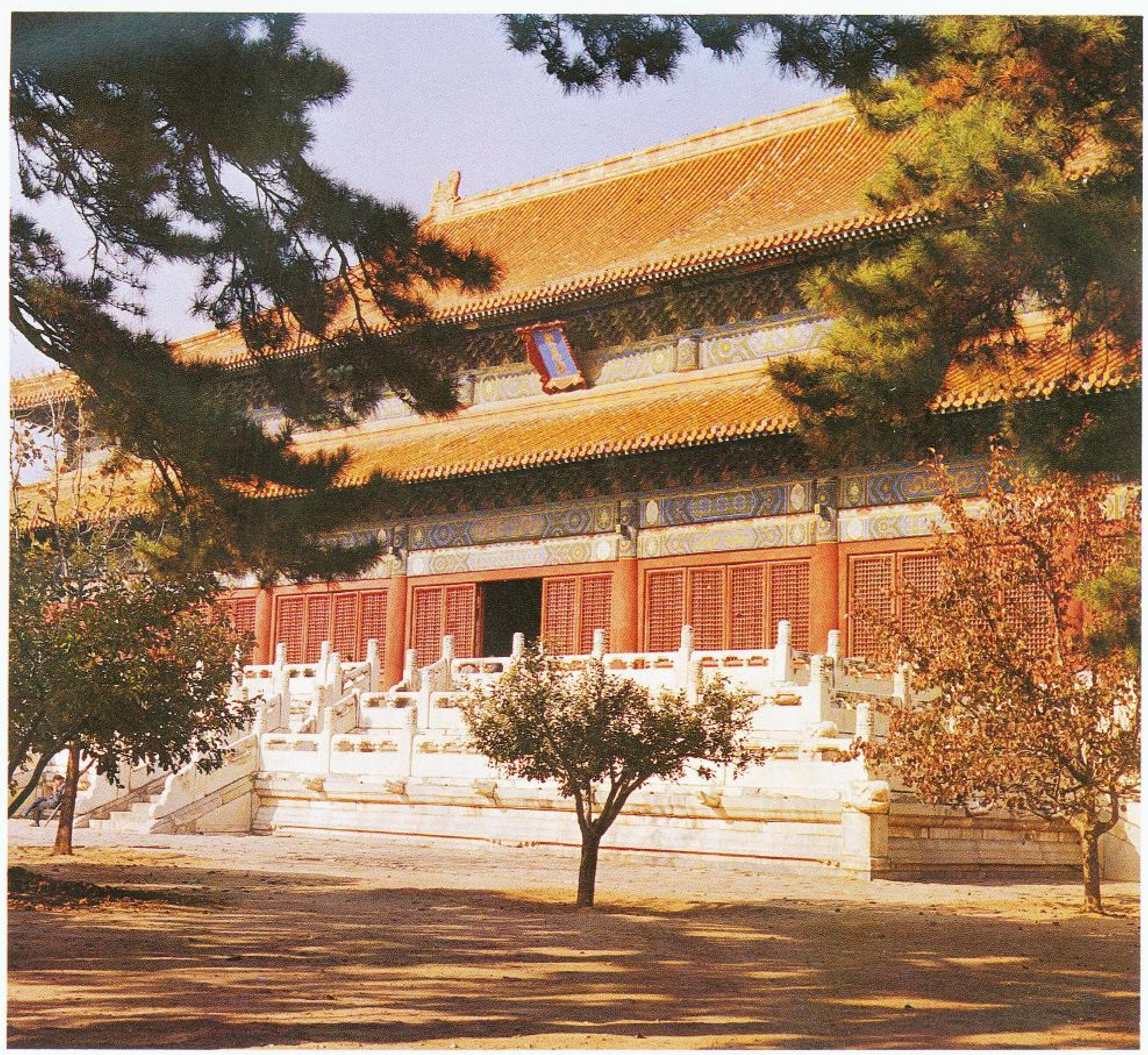
太和殿的木构架与棱恩殿同属于典型的梁柱式结构。平面柱网的配置是面宽十一间，进深五间，前檐廊的平面（图 5－8－15），在木构架上实际是面宽九间周围廊的结构。因为东西山墙和后檐墙均砌在下层檐柱的分位上，檐柱属于廊檐柱（宋式副阶）的结构形式。老檐柱以内进深三间，十二步架，金柱支托七架梁，前后老檐柱与金柱之间各用三步架连接。太和殿的斗栱上檐用单翘三昂，下檐用单翘重昂，尤其是在上下檐用了非常华丽的花台科溜金斗栱，昂尾安放在预先做好的花台枋上，使昂尾不会下垂。但是，它的装饰作用大，而结构作用则很小（图 5－8－16）。

(二)高层楼阁

明清时期的工匠们，运用拼合技术创造了许多高大的楼阁。兹举以下几例。

（1）普宁寺大乘阁：大乘阁是承德外八庙中普宁寺的主体建筑，建于清乾隆二十年（1755 年）（图 5－8－17）。普宁寺虽然说是仿西藏三摩耶庙，

图5-8-11 北京明长陵棱恩殿全景



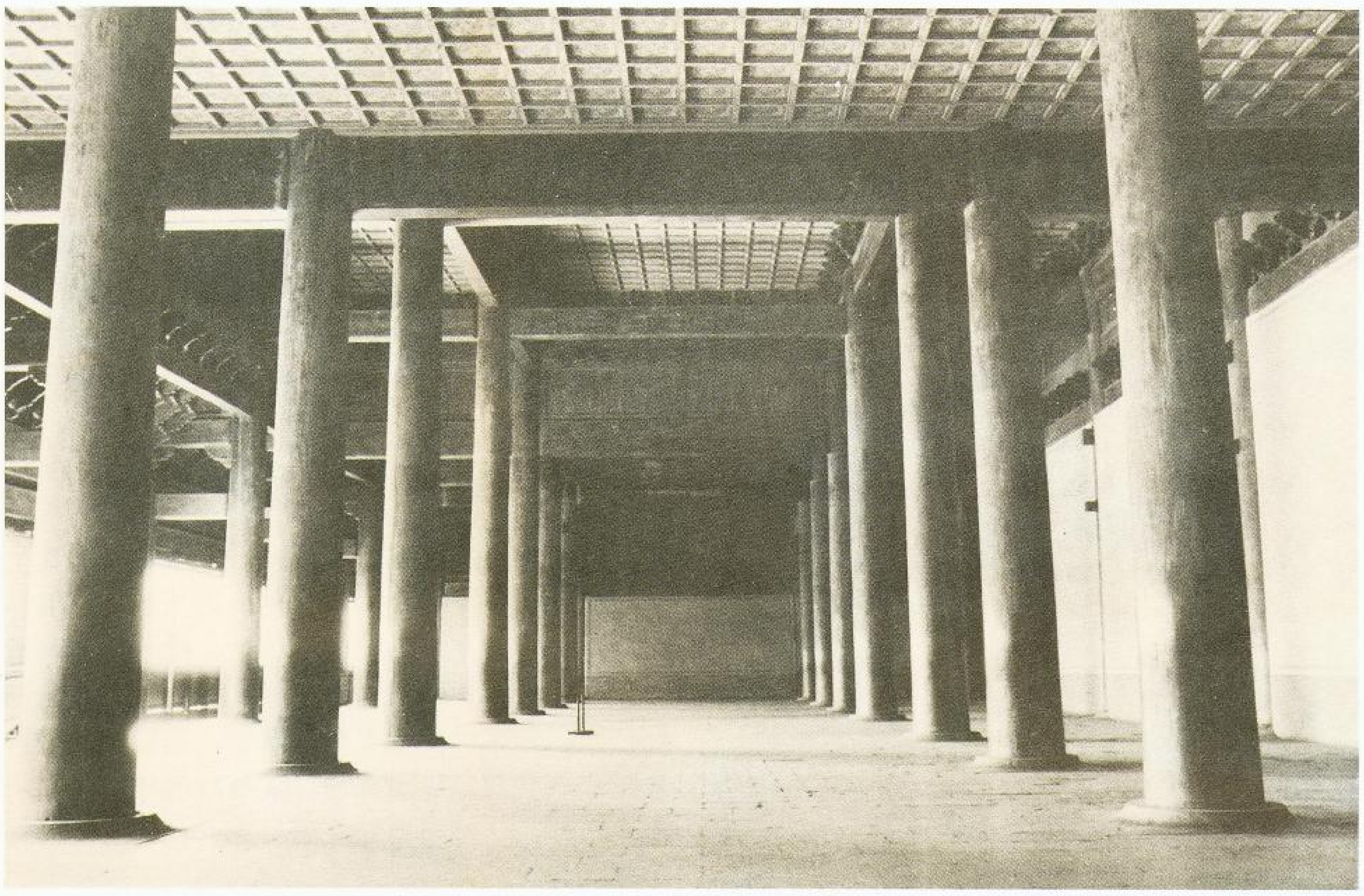


图5-8-12　北京明长陵祾恩殿内檐梁柱

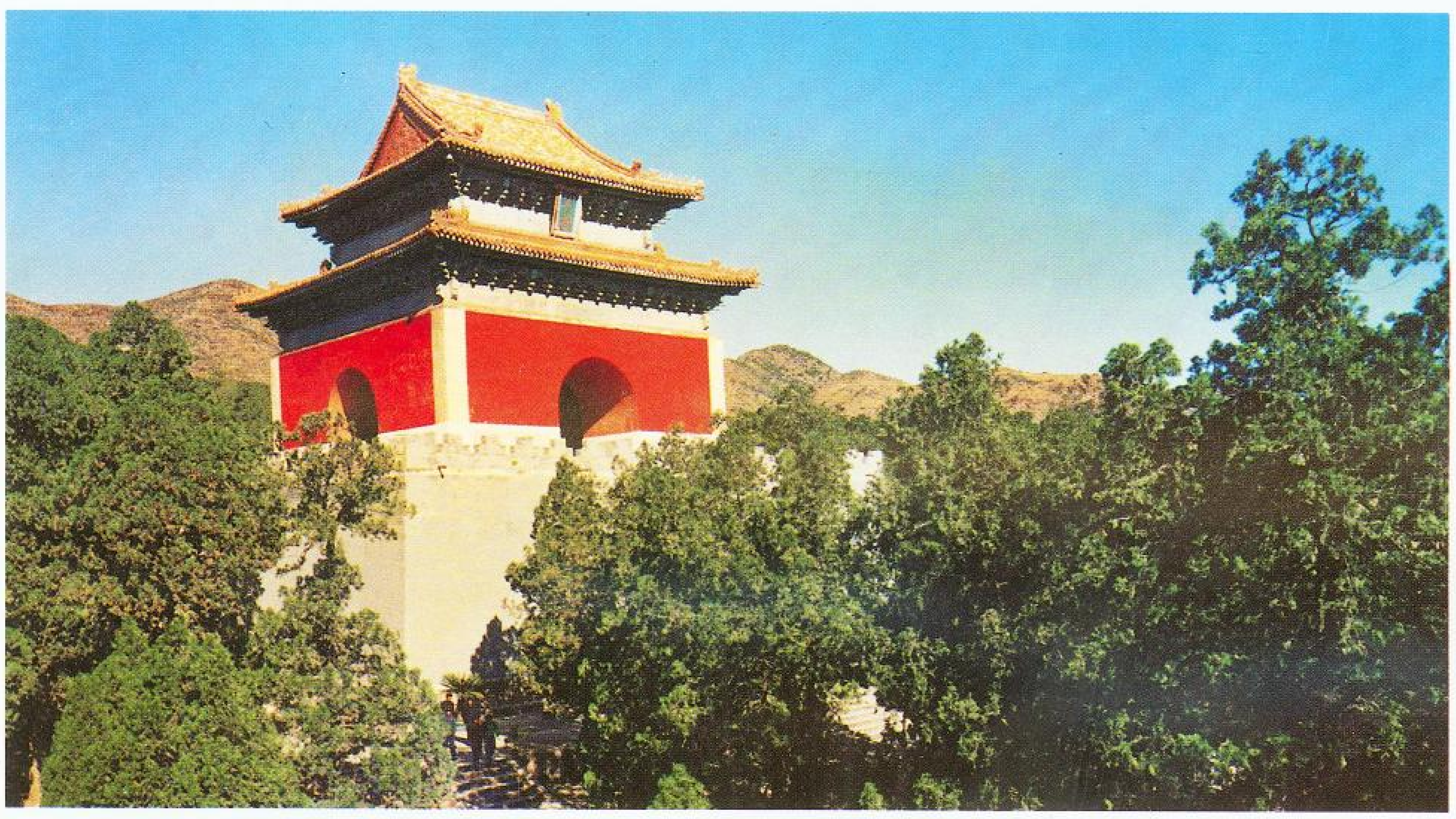


图5-8-13　北京明长陵明楼全景

但建筑布局和造型并不同于三摩耶庙，而有新的创造（图 5－8－18）。就以主体建筑大乘阁而论，也与三摩耶的主殿乌策大殿不完全一样，而有所创新。如乌策大殿五顶分立，而大乘阁则把五顶组合在一起成为一个屋顶，在建筑艺术上是一个成功的发展与创造（图 5－8－19）。大乘阁五顶象征佛教的曼荼罗、须弥山五形和金刚宝座五方佛等等，属于宗教内容，但就建筑艺术形象和完成这一形象的结构技术来说，当时的工匠们是付出了极大的劳动和智慧的。

大乘阁是现在保存高层木构建筑的第三名，第一是应县佛宫寺塔 67.31 米，第二是万寿山佛香阁高 41 米，大乘阁高约 40 米。大乘阁较之以上两座高层木构更有其不同之处：第一，上述两座木构的平面柱网均是内外两层和下层廊柱平均分布，中空较小。而大乘阁则为了正中安设一个高 23 米的大佛（这个大佛实际也是木架包镶而成的），所以阁的中心创造一个高近 25 米的空井，井口柱上巨大的梁跨度达 10.62 米，除太和殿等殿宇之外，高层楼阁中这要算最大的跨度了。第二是屋顶五个组合在一起，在结构上也比上述两座复杂得多。因此，象大乘阁这样五层檐、高 40 米、五个顶组成一个屋顶、结构宏大、又具有汉藏民族风格的高层楼阁，是明清木构建筑中不可多得的遗物（图 5－8－20）。

（2）颐和园佛香阁：佛香阁是颐和园中的主体建筑，建立在一座高达 20 米的石砌台基之上，阁本身又高达 41 米，耸立在颐和园万寿山正面正中的轴线上，成了颐和园的标志。

佛香阁所在位置，在乾隆十五年（1750 年）兴建清漪园的时候，原来计划建一座九层的“报恩延寿塔”。但是到乾隆二十三年延寿塔工程砌到八层时，忽然“奉旨停修”，并将已建好的八层全部拆除，改建为佛香阁。1860 年此阁被英法联军烧毁，光绪十七年（1891 年）按原样重建，经过四年时间才完工，用银七十八万五千六百三十余两，是颐和园恢复工程中最大的一项。

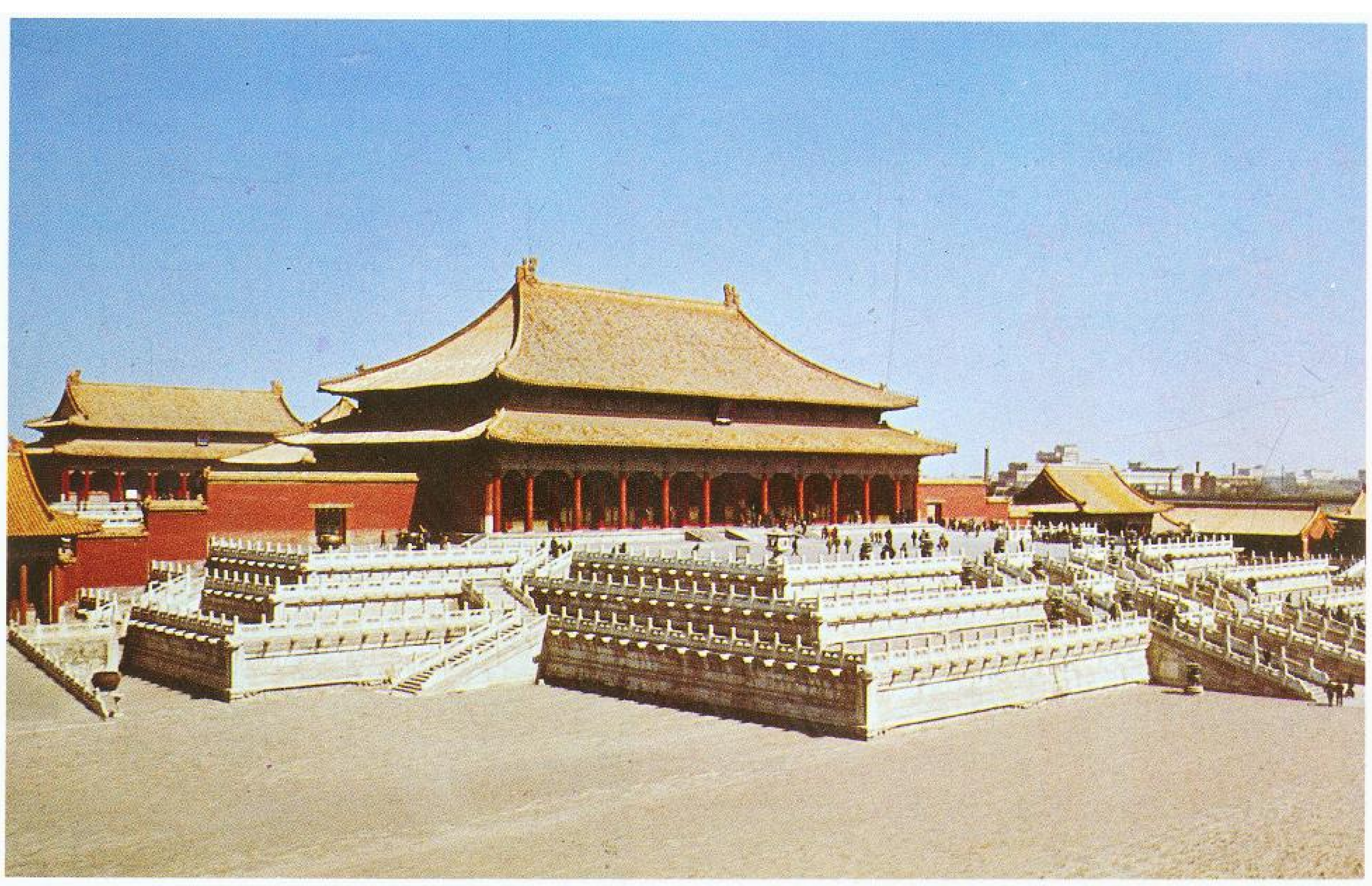
佛香阁的平面为八角形、周围廊、内外两层柱网的布置，每面约 11 米，对角约 28 米，与高度的比例为1∶1.4，结构比较稳定，抗震性能较好，在 1976 年 7 月 28 日唐山强烈地震时，高阁并未发生影响。

阁为八角三层四檐结构，内圈柱用八根通柱直达三层，每层均用梁枋和外圈柱及廊檐柱连接成为一个整体。整个木构均为清式做法，结构为梁柱式体系（图 5－8－21）。

（3）雍和宫万福阁：此阁是雍和宫内的高大建筑，万福阁在结构做法上与大乘阁并无特异之处，规模也较小，高约 25 米，但是在布局上却有很大的特点，这就是三阁并列的形式。

万福阁本是一座七间两层三重檐的巨构，加上与东西两旁的两个高阁并列（东为永康阁，西为延绥阁），在半空中用复道飞廊相连系，形成了一个雄壮灵活的外观。这是现存木构中珍贵的

图5-8-14　北京故宫太和殿



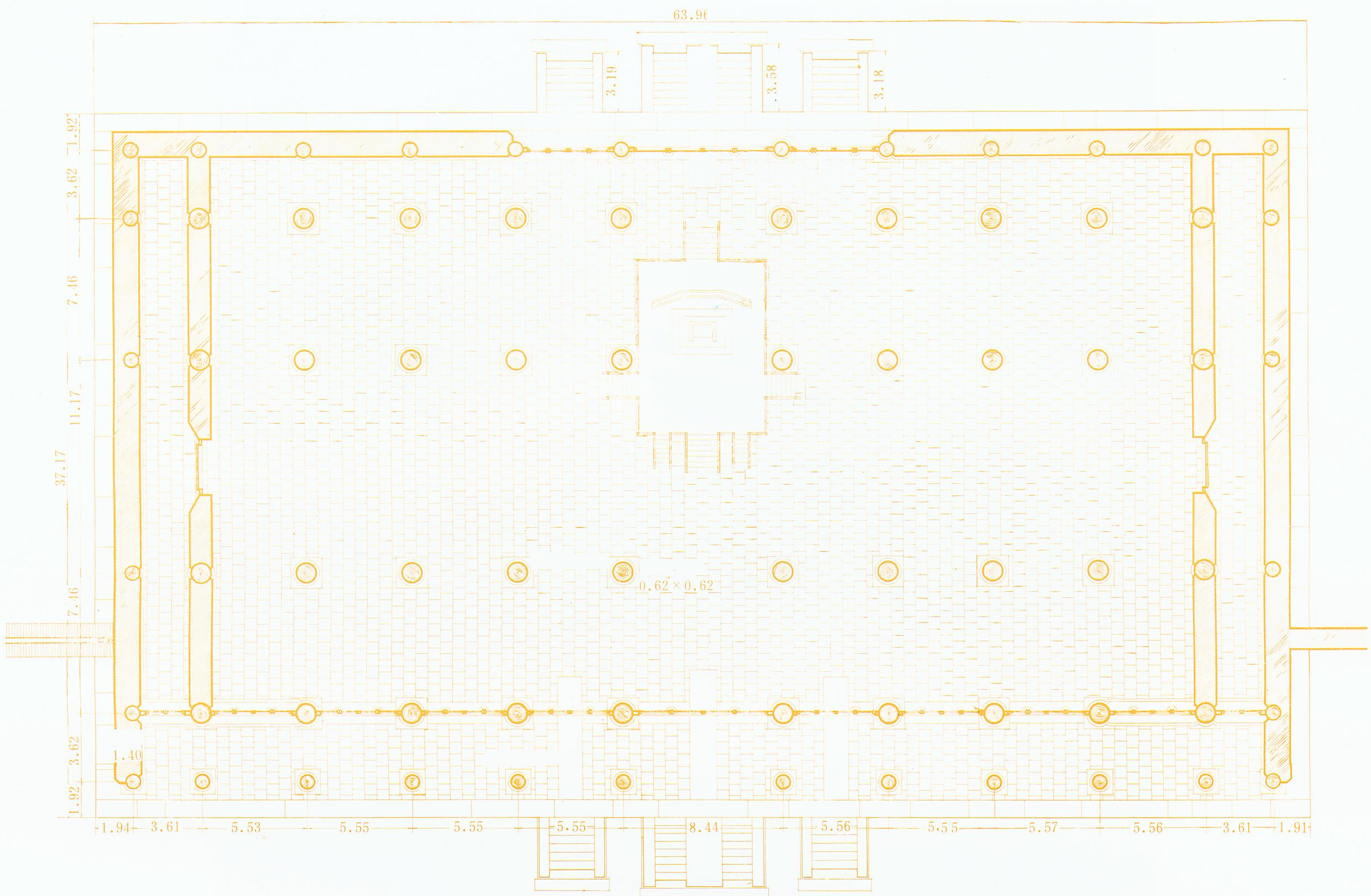


图5-8-15 北京故宫太和殿平面图

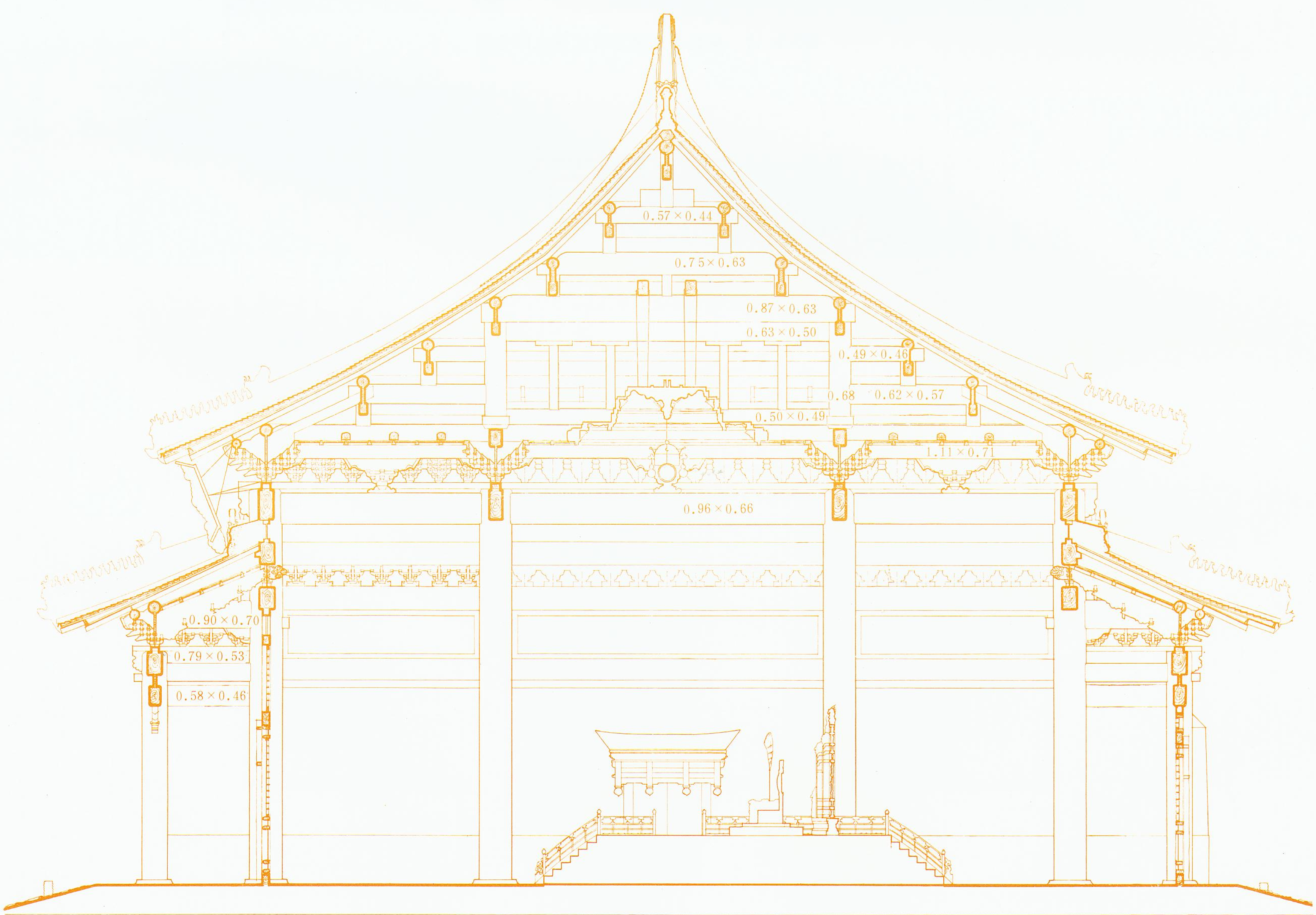


图5-8-16 北京故宫太和殿横断面图

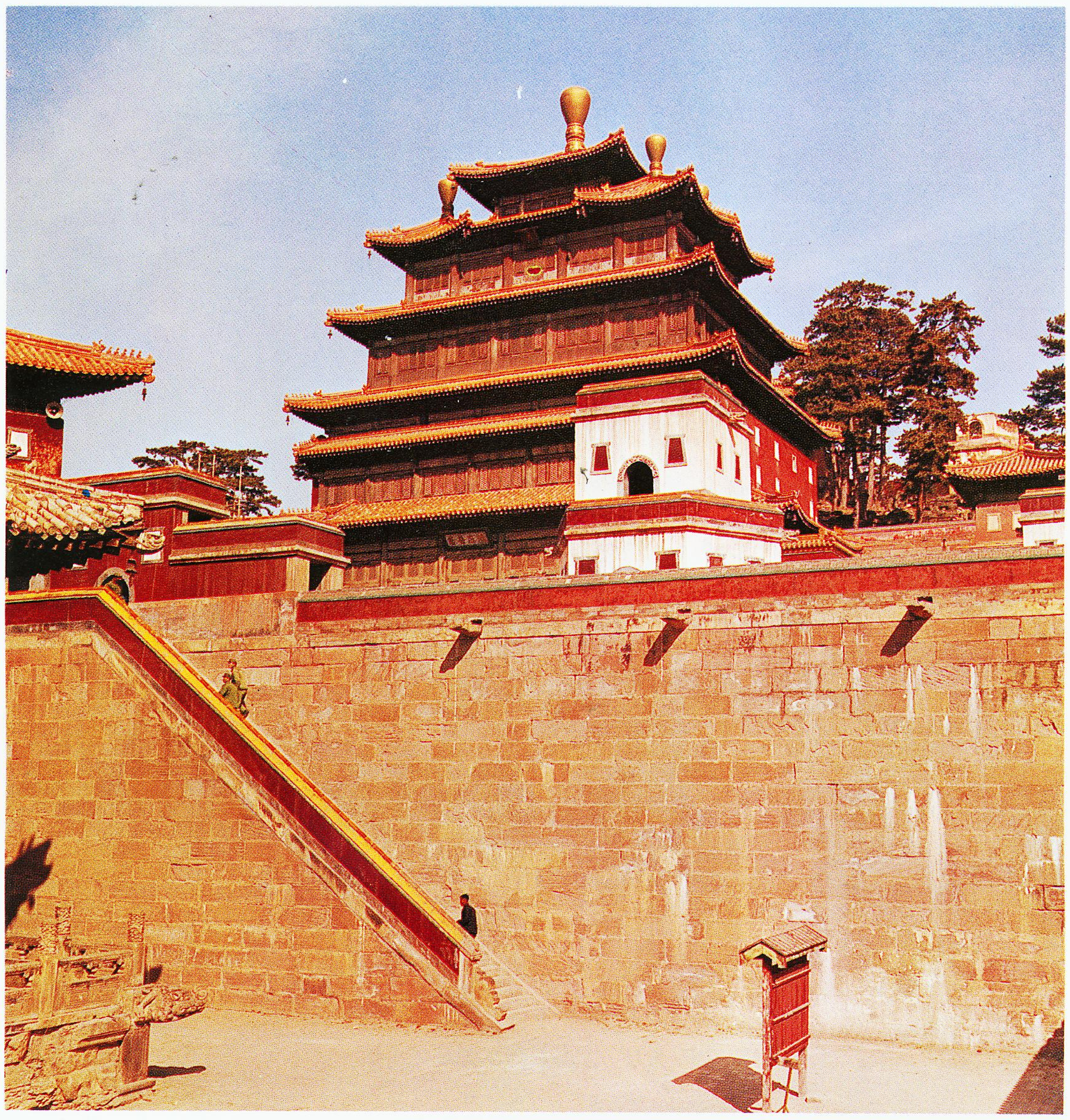


图5-8-17　河北承德普宁寺大乘之阁全景

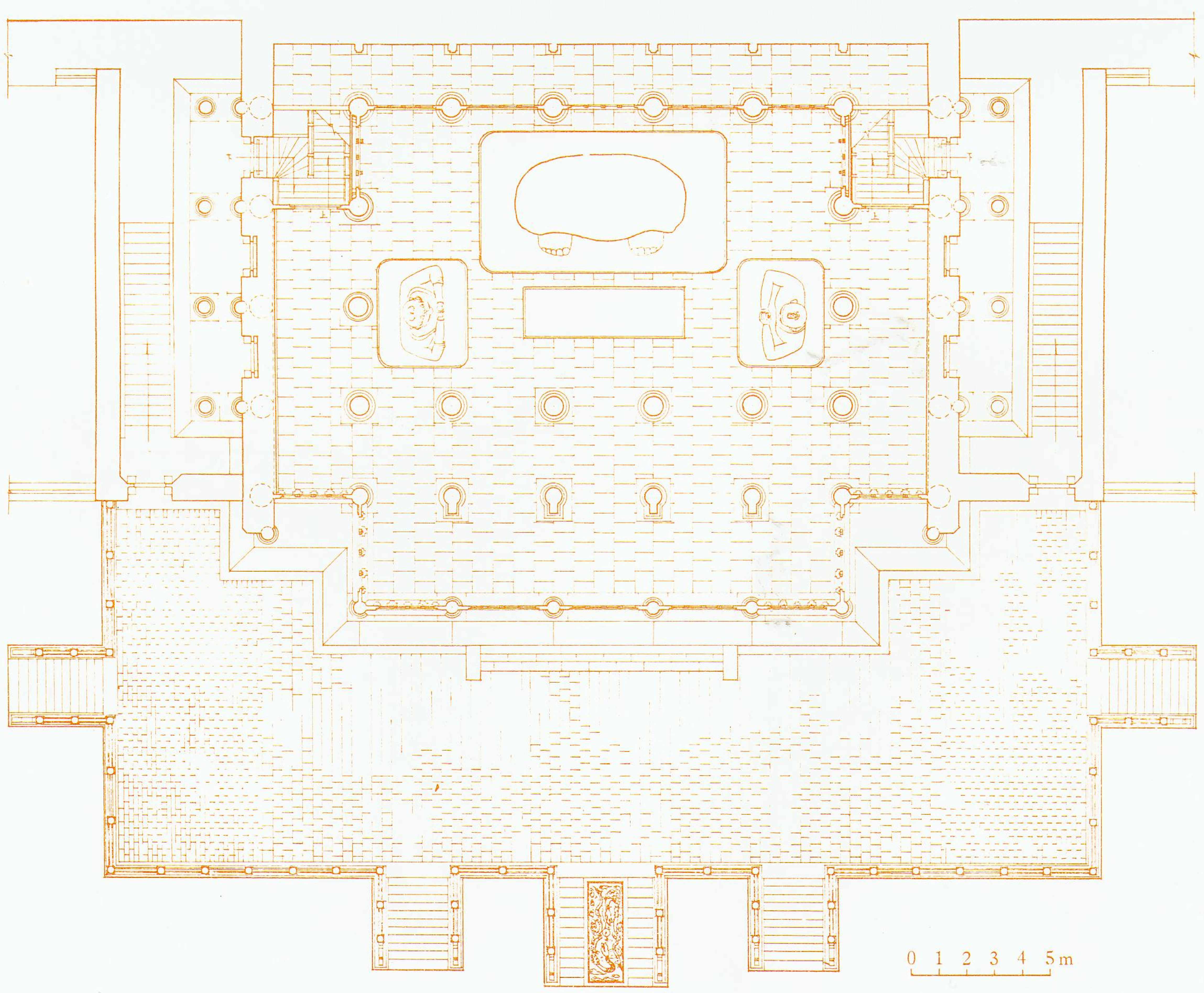


图5-8-18　河北承德普宁寺大乘之阁底层平面图

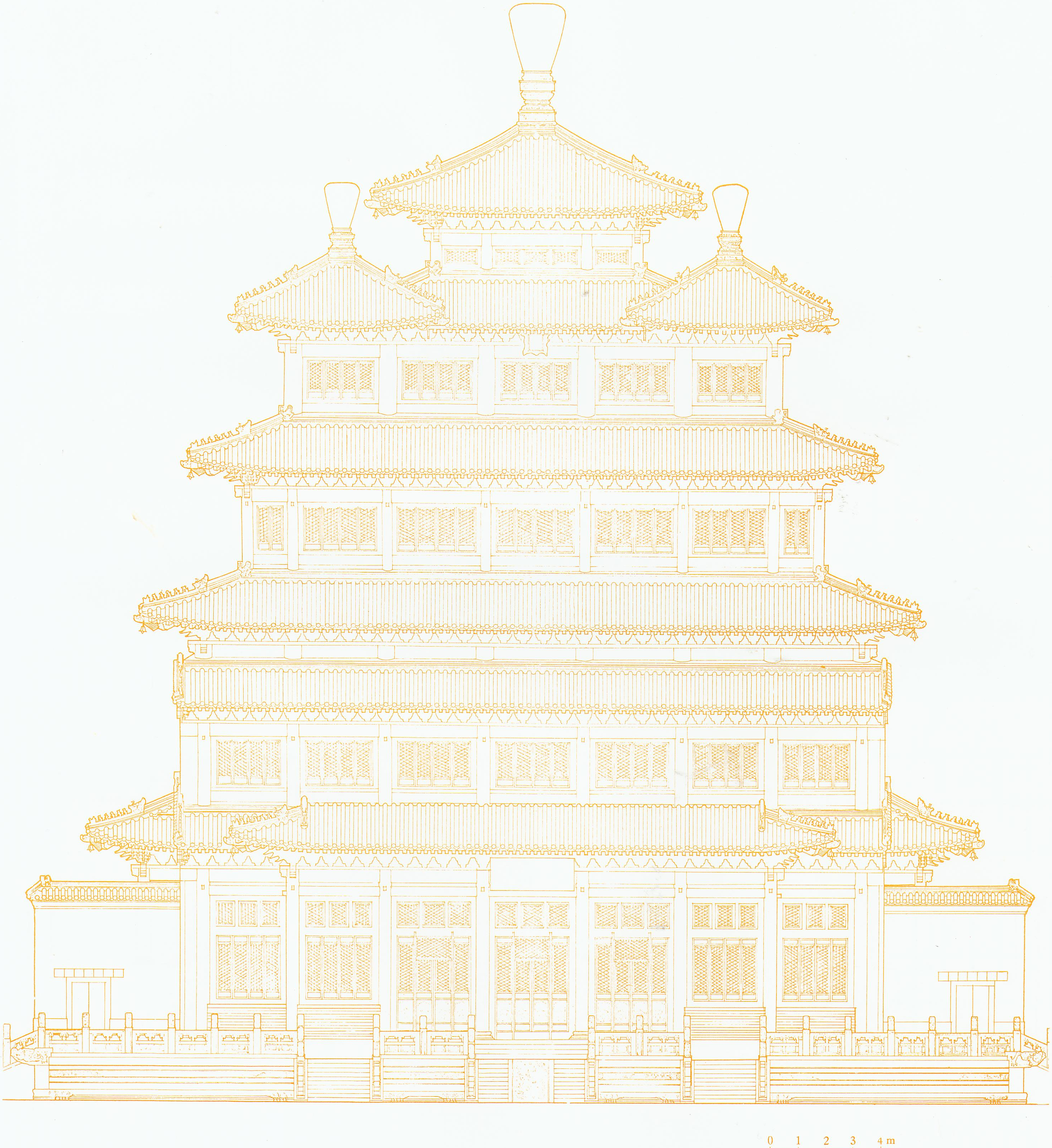


图5-8-19 河北承德普宁寺大乘之阁正立面图

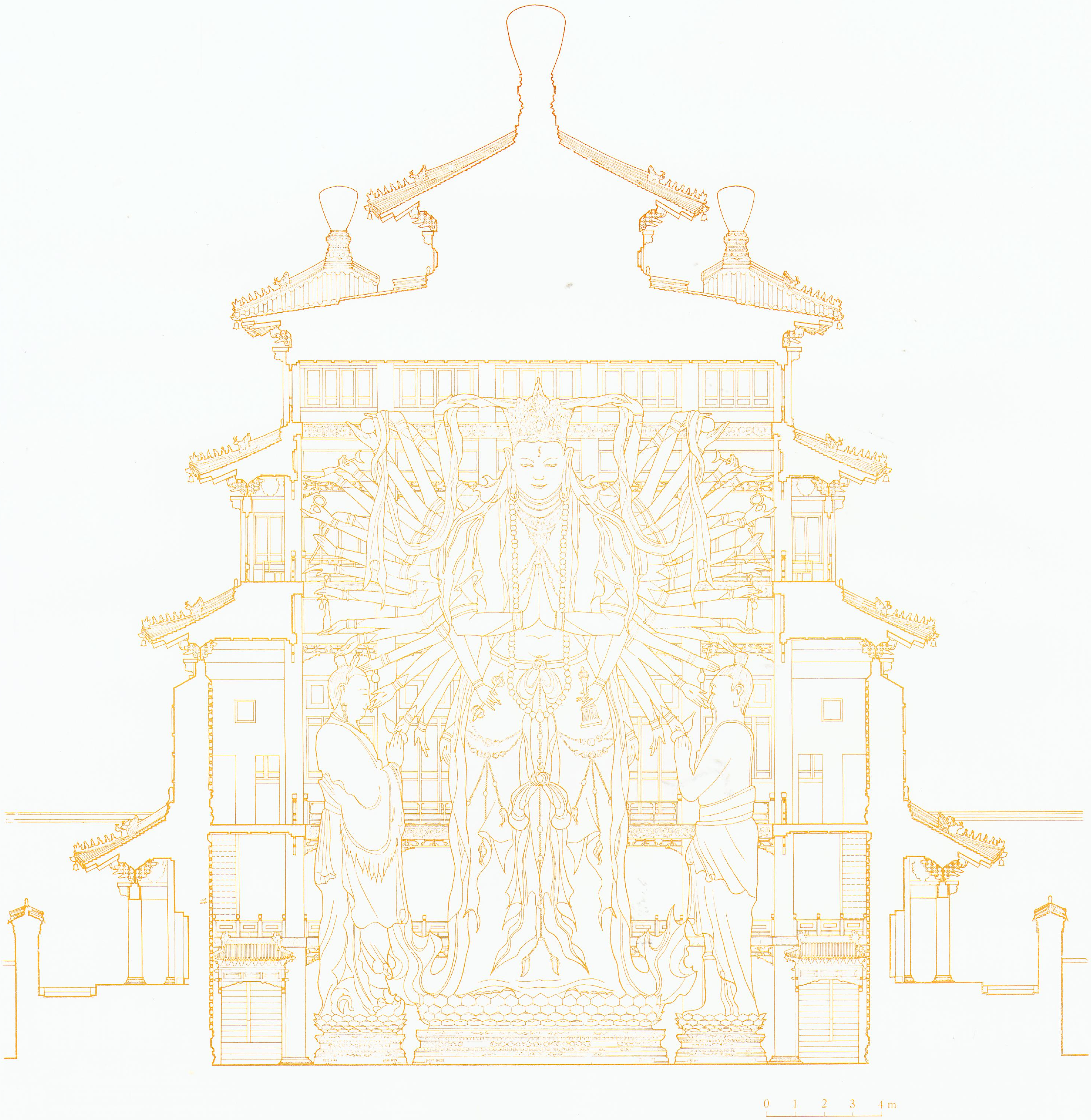


图5-8-20　河北承德普宁寺大乘之阁纵断面图

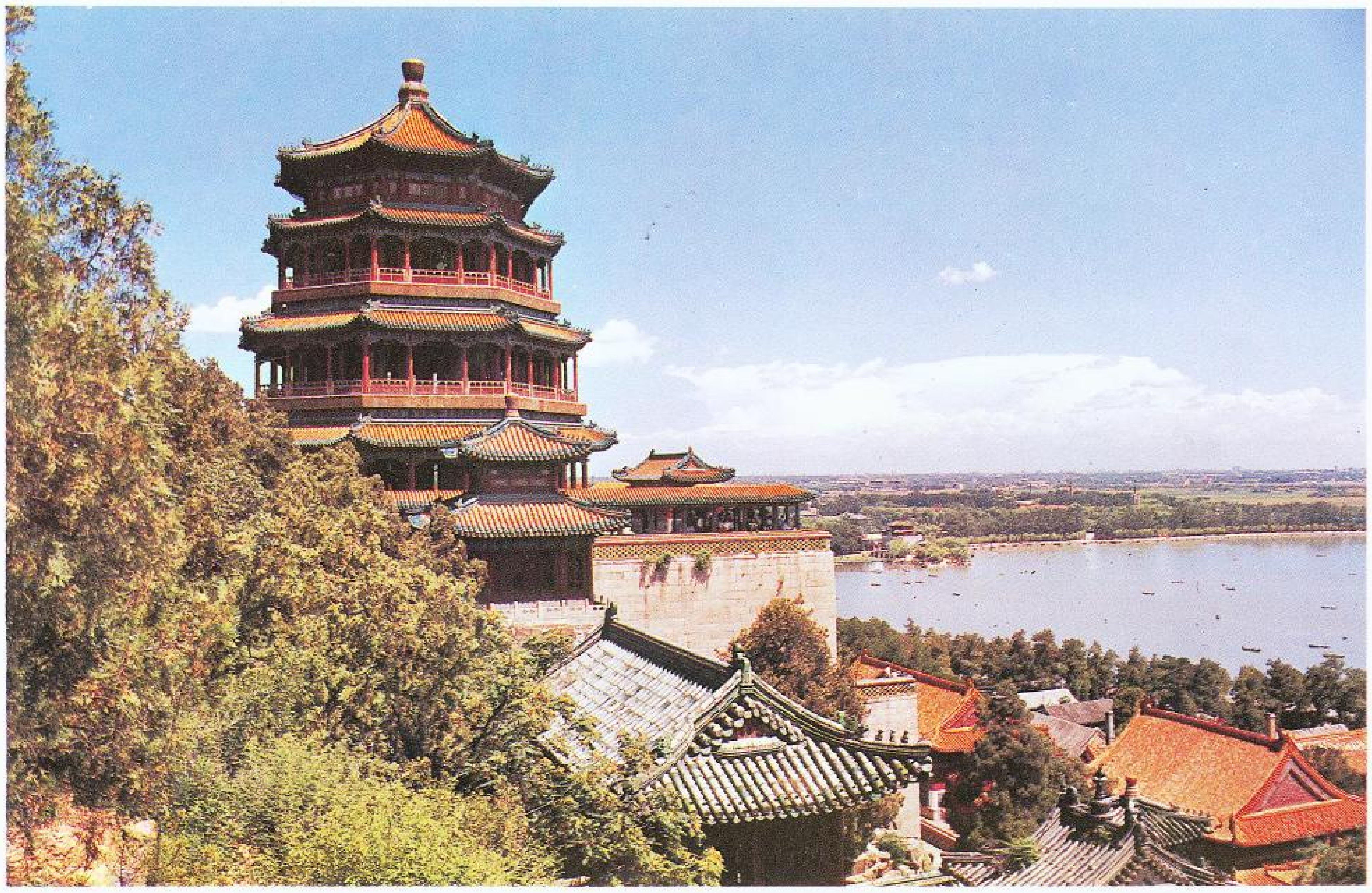


图5-8-21 北京颐和园佛香阁

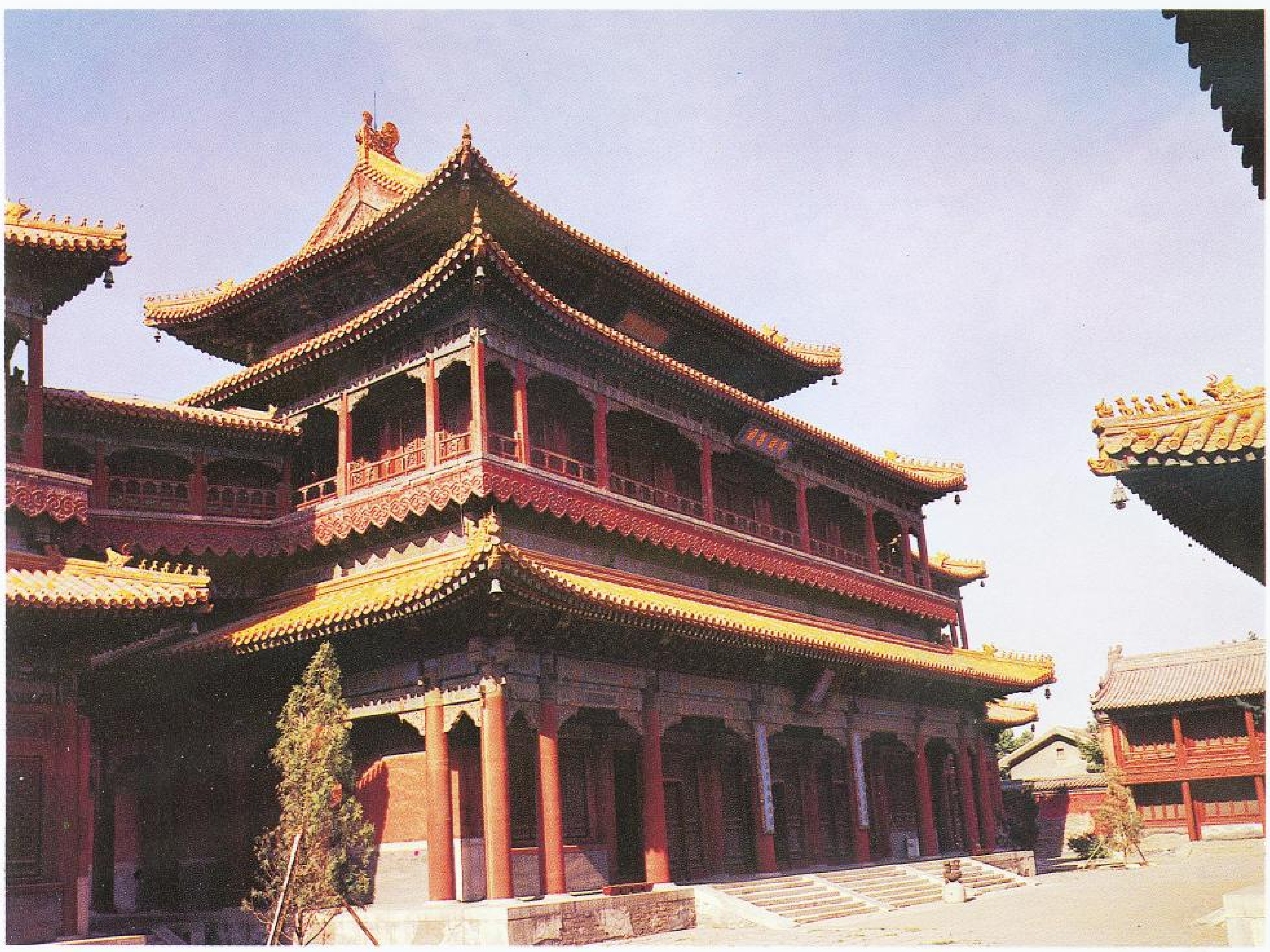


图5-8-22 北京雍和宫万福阁

例子（图 5－8－22）。

（4）万荣飞云楼：在山西省万荣县，相传建于唐代，现存遗物为清乾隆十一年（1746 年）所重建。飞云楼在结构和造型上都达到了高度的水平。整个建筑比例匀称恰当，外观雄伟而玲珑，在我国古代绘画中常可看到这种形象的楼阁，但在现存实物中已不多见。

飞云楼为梁柱式带斗栱的木构架。楼建于较低的方形石台之上，面宽进深各五间，外观三层，连平座两个暗层共五层。上两层每面凸出歇山顶抱厦一间，山面向前，最上一层为十字歇山顶。第一层为方形平面，两山砖墙内用方石柱，内檐金柱较檐柱为高，柱头上以斗栱承托二层平座，在明间的大梁上立童柱以承托凸出的抱厦。二层平面为十字形，第三层仍为方形，但承托抱厦不用童柱而用穿插枋和斜撑木。整个木结构梁架极富变化而又严密紧实，表现了木结构设计施工的成熟手法（图 5－8－23）。



图5-8-23 山西万荣县飞云楼

（三）圆形殿亭

我国古代木构建筑中的平面布局和构架一般都是方形和多边形的，但弧形和圆形的也有不少，在园林中的小亭形式尤多。明清实物中，保存了不少大型的圆型殿亭，结构雄大，造型优美，值得介绍几处。

（1）天坛祈年殿：这是我国现存少有的巨大木构。祈年殿高 38 米，除了颐和园佛香阁高 41 米、承德普宁寺大乘阁高 40 米、应县木塔高 67.31 米之外，祈年殿要算高为第四名现存巨大木构了。祈年殿为圆型，在结构上有许多特殊的地方（图 5－8－24）。

祈年殿原建成于明永乐十八年（1420 年），起初是方殿，叫大祀殿，1530 年才改建为三层圆殿。现存建筑是光绪时（1890—1899 年）重修的。

祈年殿的柱子平面为三层柱网（图 5-8-25）。十二根檐柱支托下层檐，十二根金柱支托中层檐，正中四根巨大的金龙柱支托上层檐。内部顶子梁架的结构是在四根金柱之上做成四方形的梁架，然后在上面安置圆形托斗枋任其上立童柱，承托上层斗栱。上层屋顶用扒梁、圆形托斗枋、井口枋、十字梁等组成圆形屋架。在圆形檩子之上铺设放射形的椽子、望板，铺瓦，做成一个圆形攒尖大屋顶。殿内的结构与装饰都形成由圆心向外放射图案，正中顶上以圆形藻井的龙头为中心向外放射，都达到圆形结构与圆形图案的统一效果

祈年殿的圆形结构也属于梁柱式体系，但与一般方形殿的梁柱构架略有不同，除了用弯圆的枋檩构件之外，直梁的搭架也是作为达到圆形构架而考虑的。弯梁的制做技术也较一般直梁的难度大。它的做法有两种：小型的构件可以用加热、水湿弯压方法使之弯曲；大型构件，则使用内剜外砍加拼镶找圆的方法制做。一般圆形的构件只用于枋、檩不承受重大压力的地方。承重梁枋，则仍用直的大料制做（图 5－8－26）。



图5-8-24　北京天坛祈年殿全景

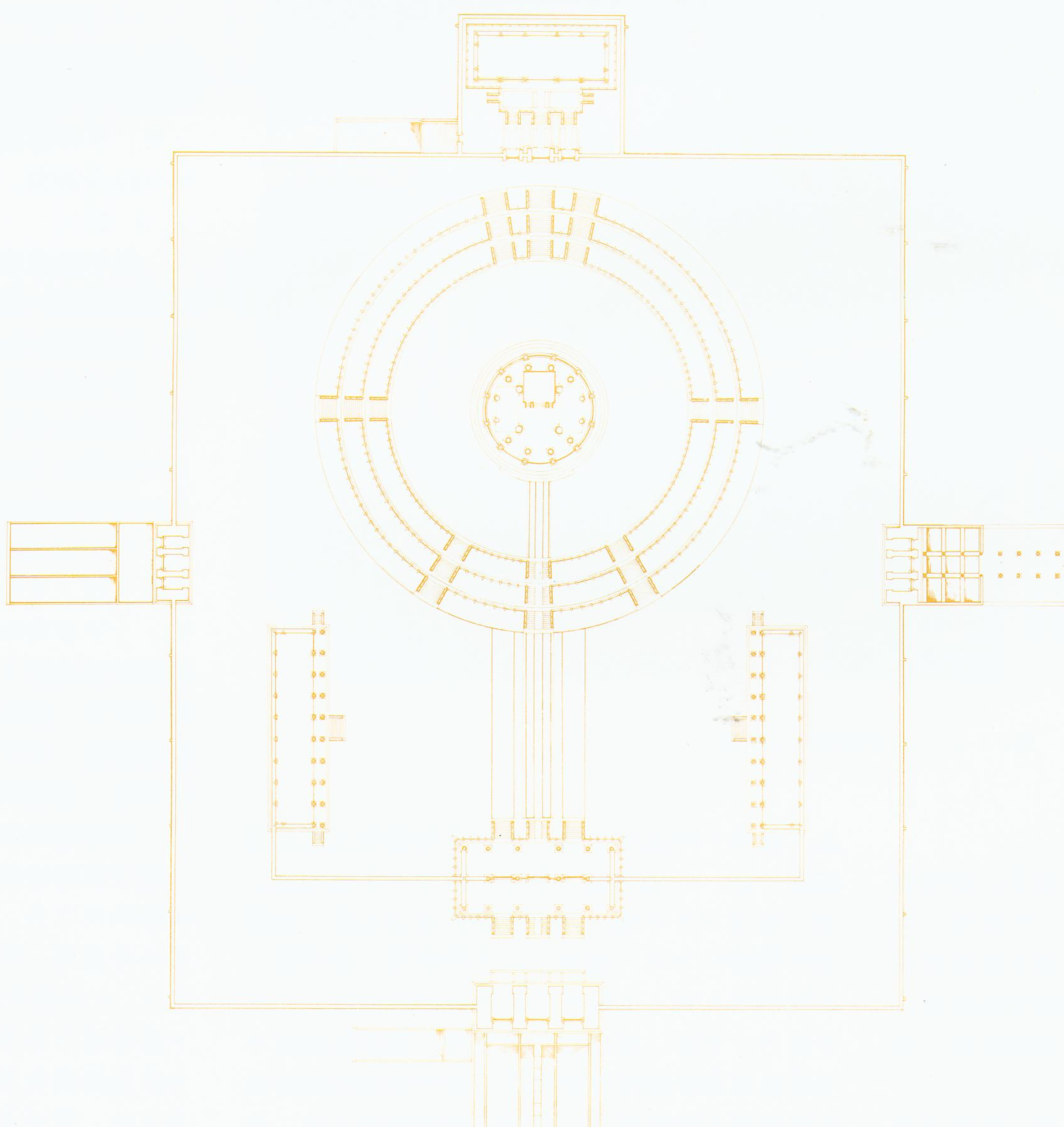


图5-8-25　北京天坛祈年殿平面图

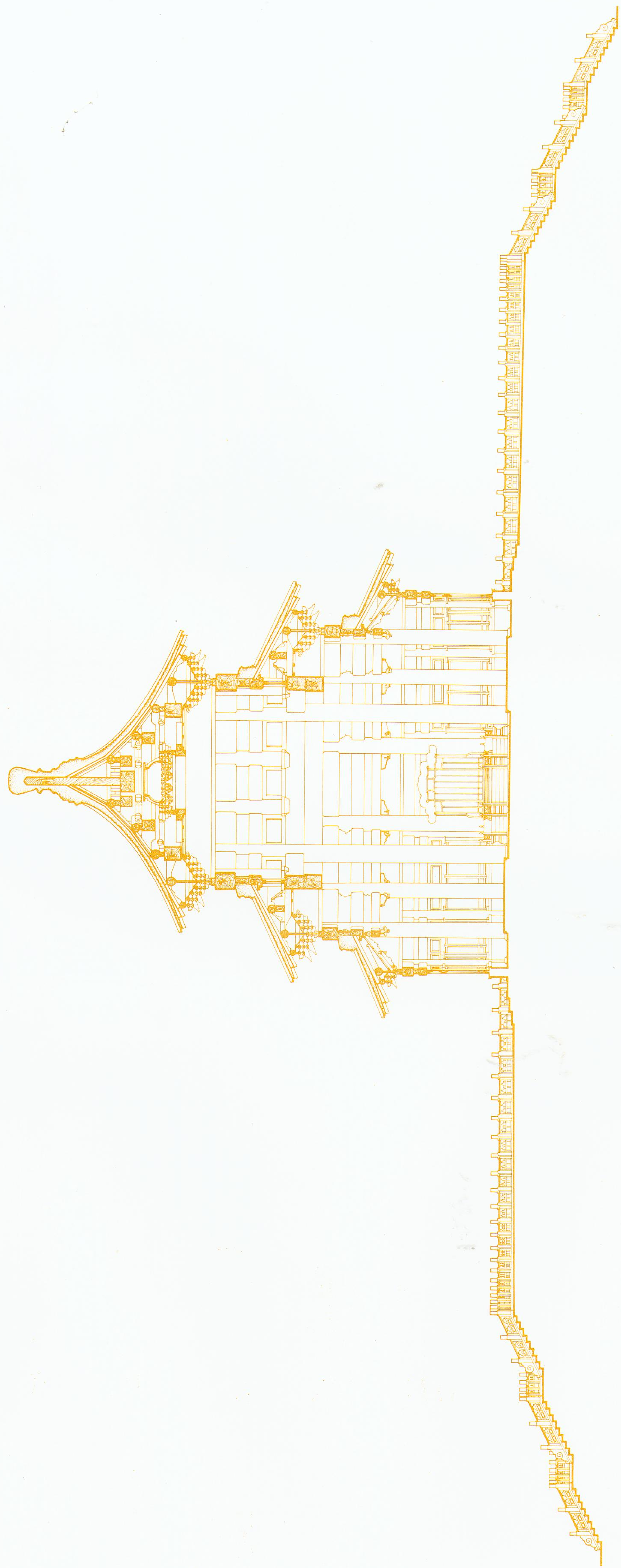


图5-8-26 北京天坛祈年殿断面图

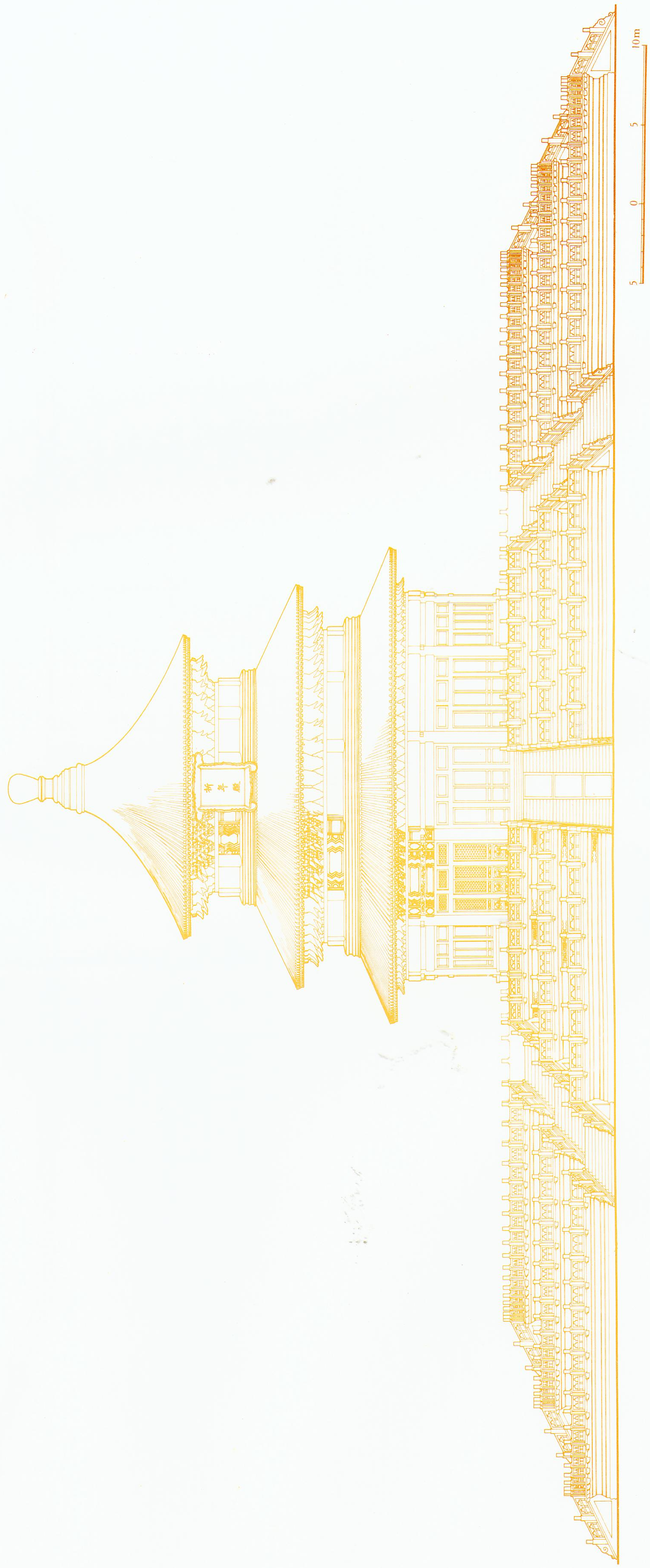


图5-8-27 北京天坛祈年殿立面图

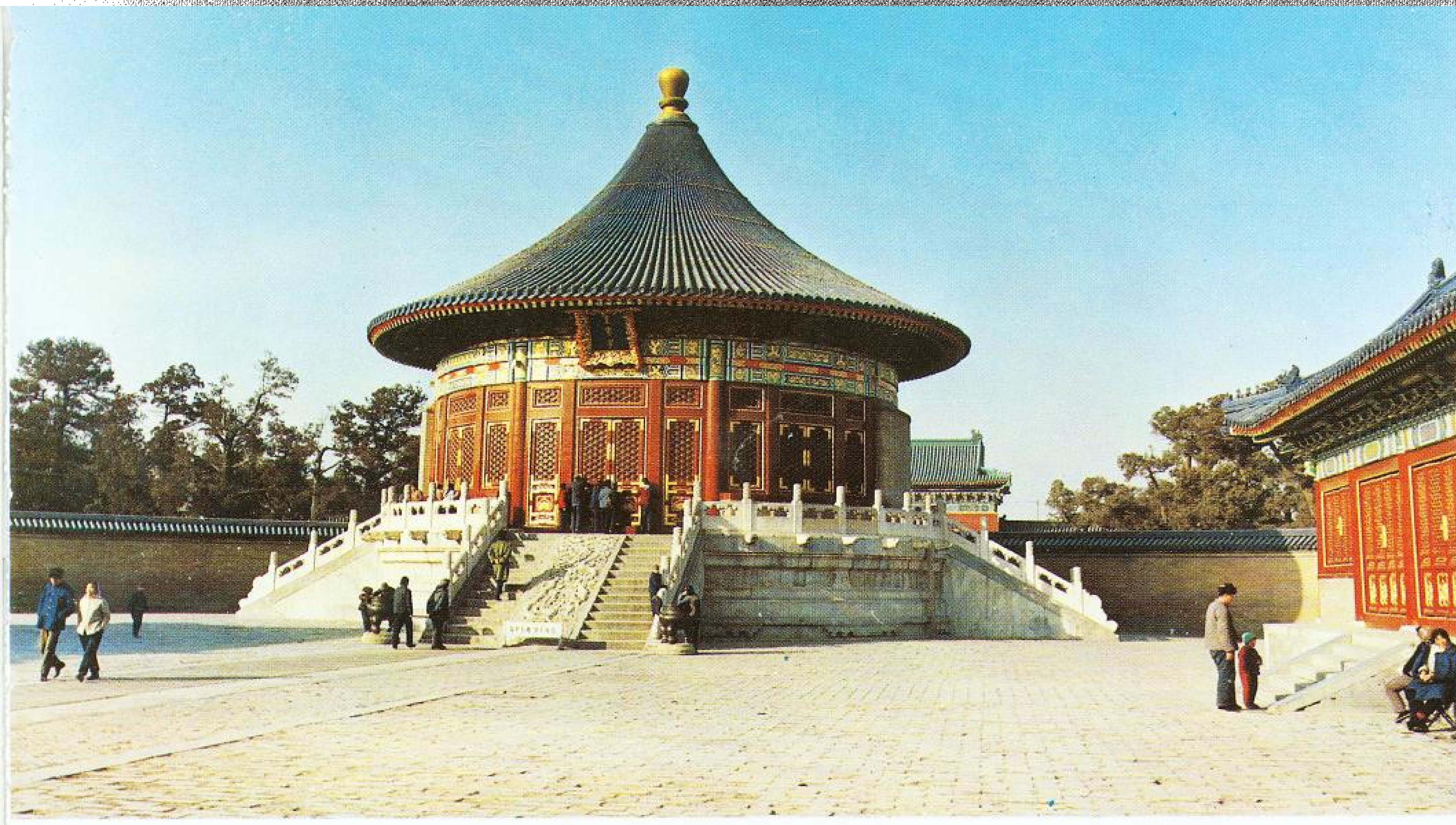


图5-8-28　北京天坛皇穹宇全景

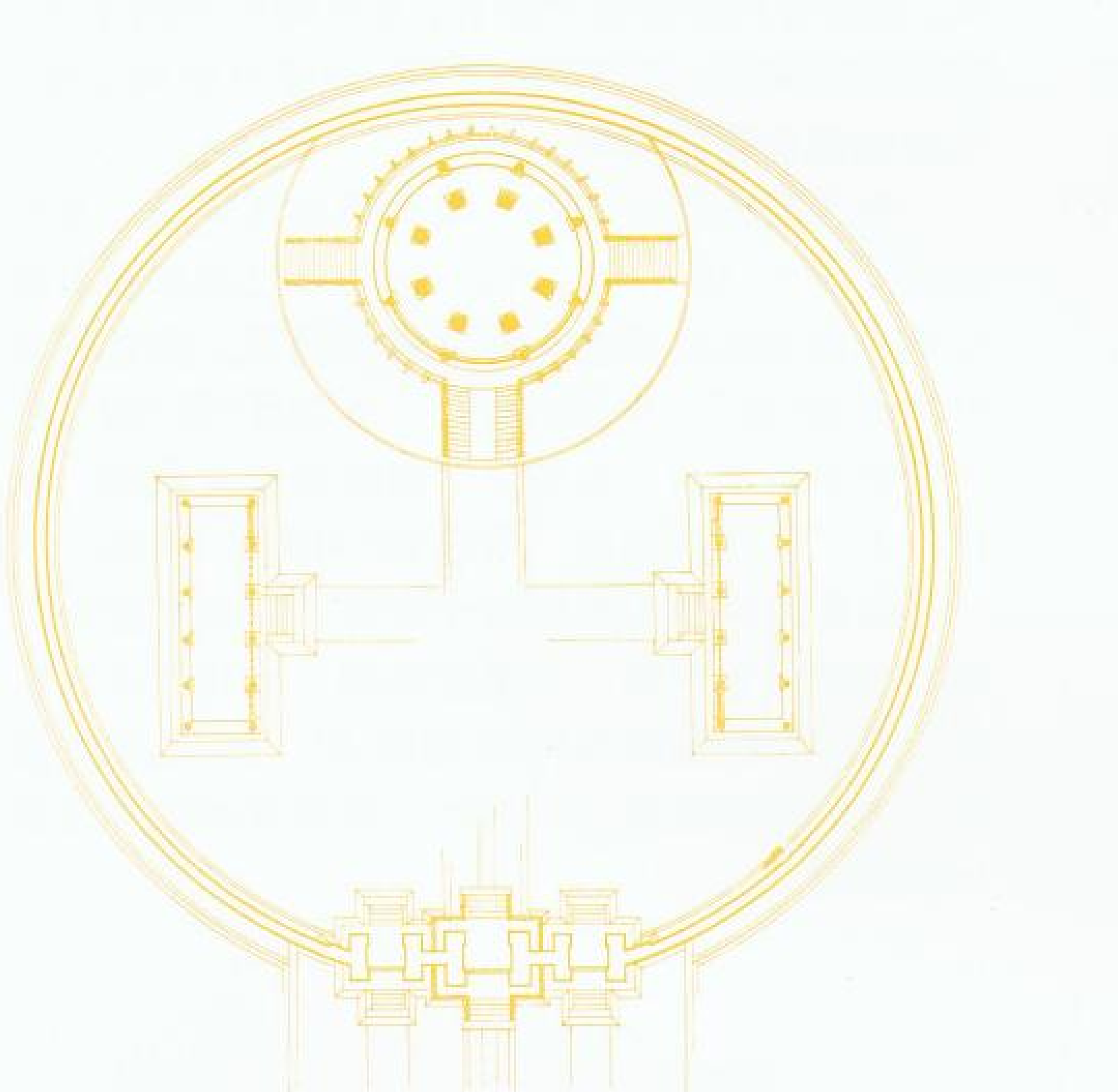


图5-8-29　北京天坛皇穹宇平面图

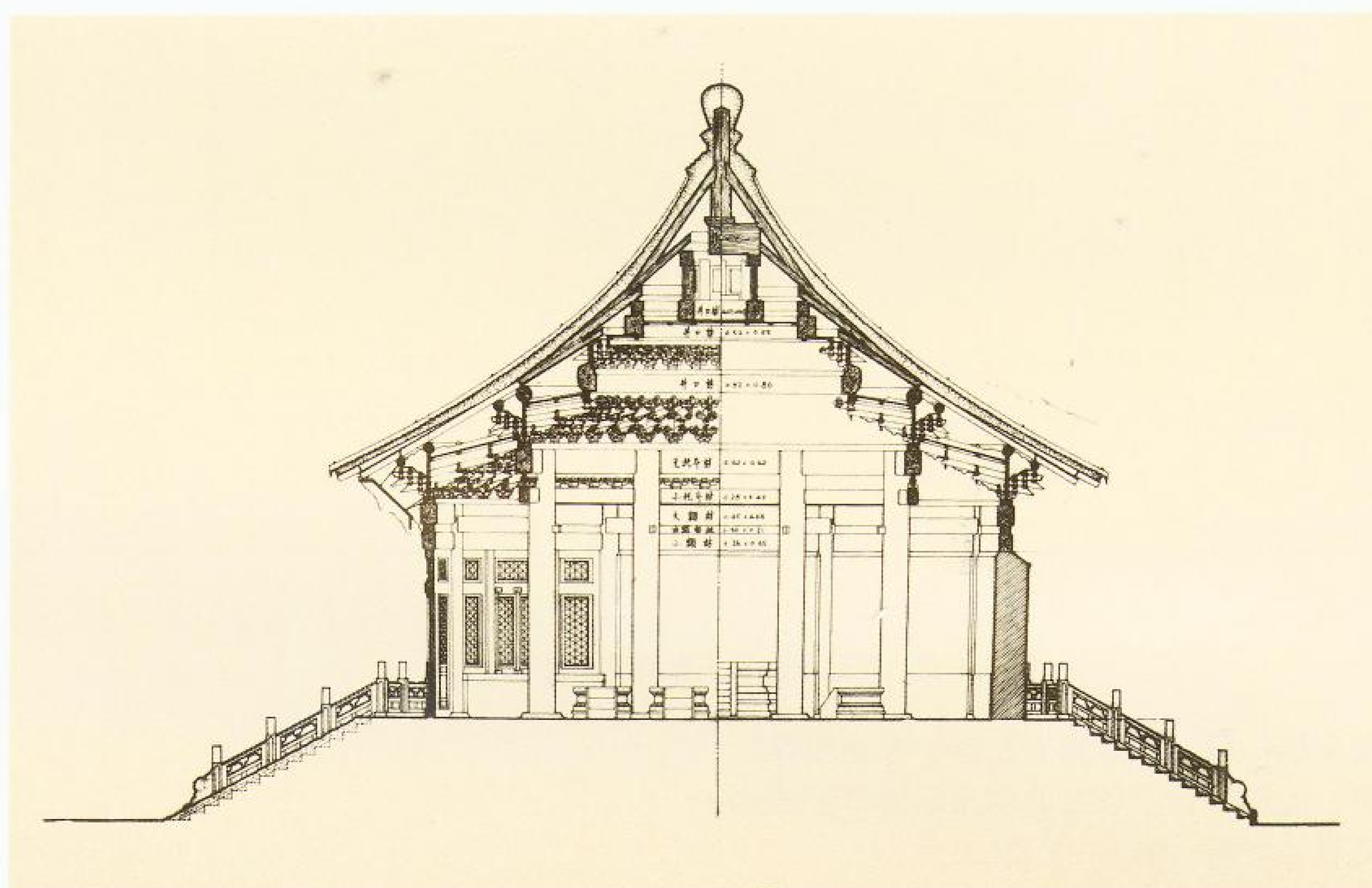


图5-8-30　北京天坛皇穹宇断面图

祈年殿的外观在建筑艺术上显示了中国古代建筑的优美风格。三重檐蓝色琉璃瓦的巨大圆殿，耸立于高大洁白圆台之上，加之红色柱子、门窗和梁枋彩画，色彩丰富，气势雄伟（图 5－8－27）。

（2）天坛皇穹宇：皇穹宇在天坛的南部，也是明代的建筑。它与圜丘坛是一组，是用来储放祭天时所用“昊天上帝”牌位的小殿（图 5-8-28）。

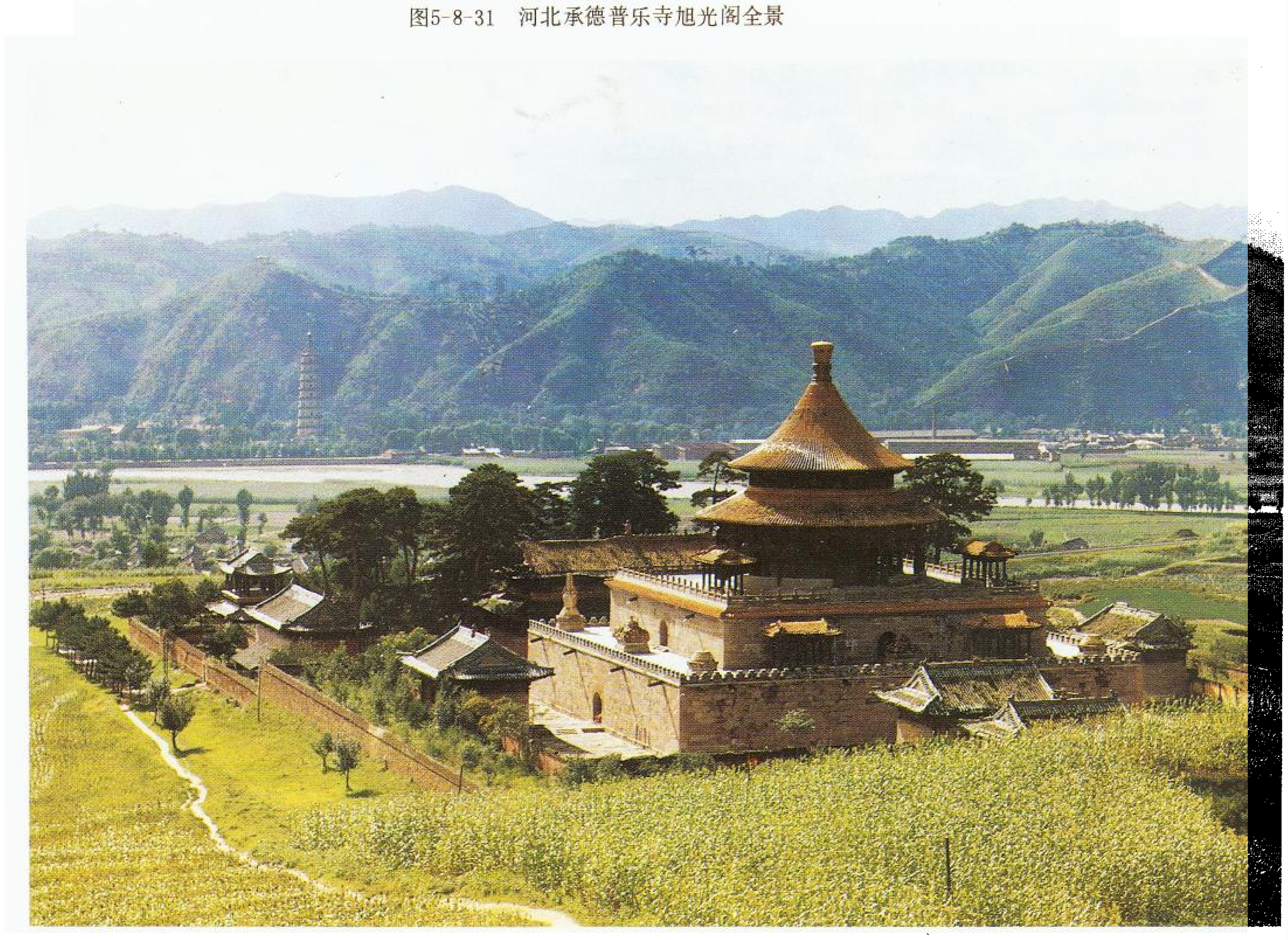
皇穹宇建于一个圆形石台之上，四周围绕一圈高墙，屋顶用青琉璃瓦做成攒尖圆顶，由地面至顶高 19.80 米，平面为两层圆形的柱网形式（图 5－8－29）。檐柱八根支托外檐，金柱八根支托屋顶。在金柱上用七踩溜金斗栱承托上部圆形额枋，在上部额枋上做天花，内部做成三层藻井，形成一个伞盖。特别是用了后尾很大的溜金斗栱挑承屋顶和天花，形如伞的支架，设计施工都很巧妙，在建筑艺术装饰上也达到了高度水平（图 5－8－30）。

（3）普乐寺旭光阁：旭光阁是承德普乐寺的主体建筑。因为它远望是一座巨大的双层圆亭，所以俗称为圆亭子。普乐寺建于乾隆三十一年（1766 年）。（图 5－8－31）。

旭光阁在寺的后部，本是按照西藏喇嘛教的所谓“曼荼罗”形式而设计的，但是在建筑艺术上有许多新的创造，是汉藏建筑艺术结合的范例。旭光阁建筑在一个两层高大的方形石台（叫做阁城）之上（图 5－8－32），共高 39 米余。阁城和阁基层层收进，造成一个稳定而高突的轮廓，在建筑艺术上达到了很好的效果。据说此阁是仿天坛而建，规模虽较天坛祈年殿小，但艺术造型与祈年殿相比并无逊色（图 5－8－33）。

旭光阁的平面为双层圆形柱网布置（图 5－8－34），外圈柱子承托第一层檐，内圈柱子承托上层檐。内外之间用穿插枋联系，使之稳定。最为精巧的木工活要算是阁内的天花藻井，共由五层构成，层层收小，第一层为彩绘天花板，第二层为木雕贴金天花，第三层和第四层为木雕小

图5-8-31　河北承德普乐寺旭光阁全景



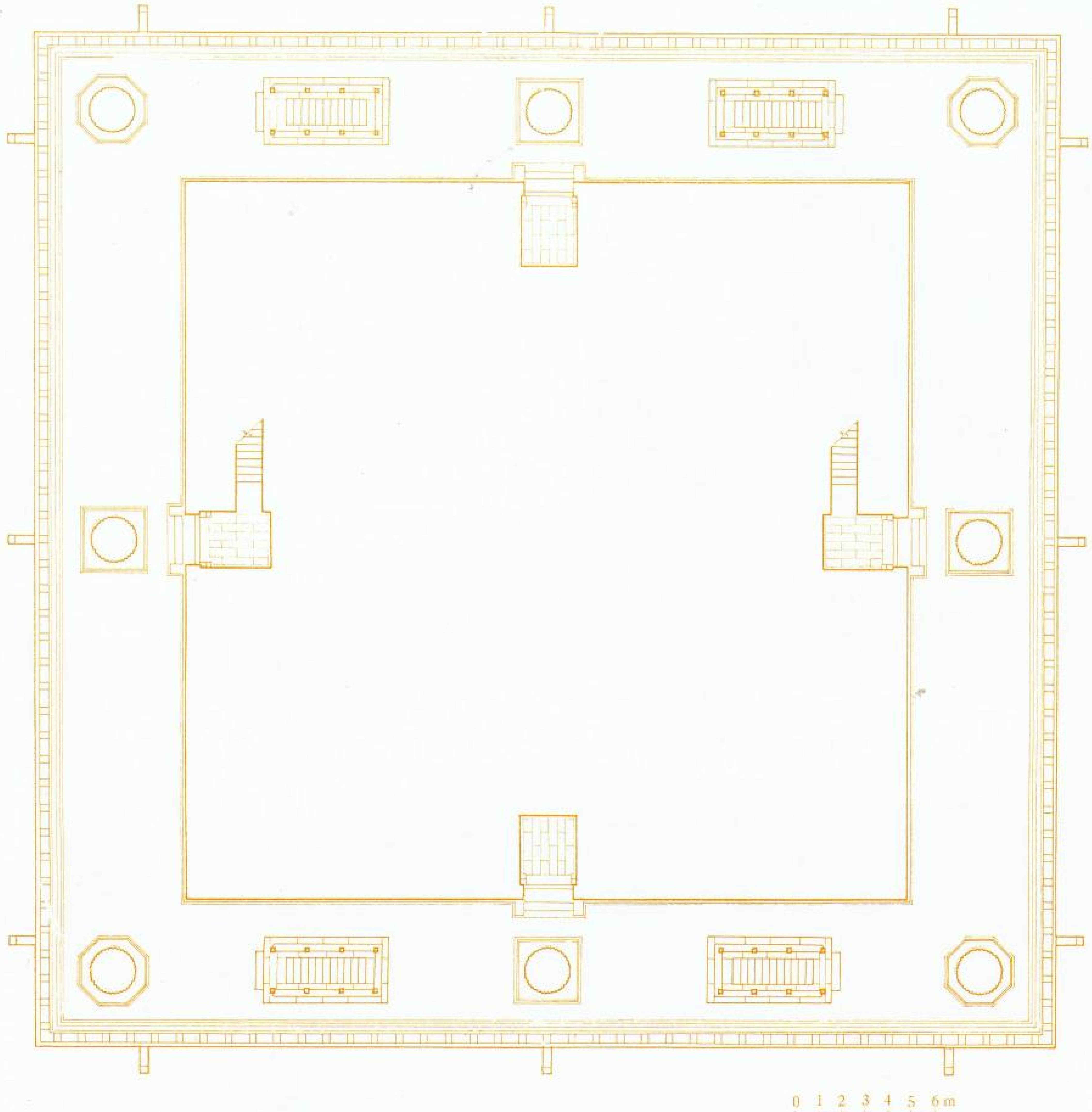


图5-8-32 河北承德普乐寺阇城二层平面图

木作贴金斗栱，第五层雕云水波涛、悬龙宝珠。层次逐深、光彩夺目，较之北京天坛皇穹宇的华丽藻井又有了发展（图 5－8－35）。

(四)高大戏台

我国歌舞戏剧有着悠久的历史。早期的歌舞大都在厅堂、场院内表演。约在公元十二世纪前后（宋、金时期）出现专门为歌舞、戏剧演出修建的舞台。那时的戏台（或舞台）建筑实物已经不存，但我们还可以从出土的一些文物和砖砌模型中看出来。元代以后的戏台，在山西境内实物保存较多。保存得最为完整而又规模宏大的是清代戏台，尤其是几座皇家戏台规模最大。北京故宫的畅音阁、承德避暑山庄的清音阁、颐和园内的德和园大戏台，被称作清代的三大戏台。除避暑山庄的清音阁已不存之外，其余两座保存完好，为我国现存规模最大的古代戏台，其中尤以颐和园大戏台规模最大。

（1）德和园大戏台：德和园在颐和园内仁寿殿之北，原是清漪园时的怡春堂旧址，被英法联军侵略时破坏，光绪时重建，从光绪十七年至二十一年（1891—1895 年）经过四年时间才完成，耗银七十一万余两，是颐和园重建工程中的重大项目。

德和园的建筑以大戏台为中心，正面是颐和殿，为帝后看戏之处，两旁廊庑是王公大臣们看戏的地方。

大戏台上下共三层，高21米余，底层台面宽17米。大戏台的上下三层每层都可以演出。第一层戏台的顶板上有七个天井，在演出神仙鬼怪戏的时候，神仙从天井中降下，好似从天而降。在地面上有活动地板通向地井，是鬼怪出没之处。在戏台的底部还有一个深10米的水井和五个1米见方的水池，在演出水法剧目时，可以从地下喷出极为壮观的水景。

为了满足演出的特殊需要，大戏台的平面柱网布局仅为四柱，台前二柱凌空，以便不妨碍观看的视线，内部用巨大的抹角梁承托上层结构。屋顶梁架仍为典型的梁柱式结构，卷棚顶（图 5－8－36）。

（2）故宫畅音阁：畅音阁位于故宫宁寿宫后面，是故宫内的宫廷大戏台，系乾隆时期的建筑。戏台座南朝北，对面为阅是楼，为帝后观戏之处。戏台两侧用廊庑相联，形成一个院子。

畅音阁在结构上与一般单楝建筑不同，有它自身的特点(图 5－8－37)。它是以三层高阁与两层扮戏楼和单披后抱厦勾联搭接而成。畅音阁这种北部为“阁”、中部为“楼”、后部是“厦”的三种不同类型的建筑，在搭接处两缝梁架合用在一根柱子上，而层顶连接，俗称为“勾连搭”形式。

畅音阁的平面布局呈十字形，戏台纵横各三间，扮戏楼五开间，后厦三开间。在柱网布置上由于受横平竖直的木构架的限制，台口虽然宽14.5米，但仍然是三间四柱，使看戏时视线受到一定影响。

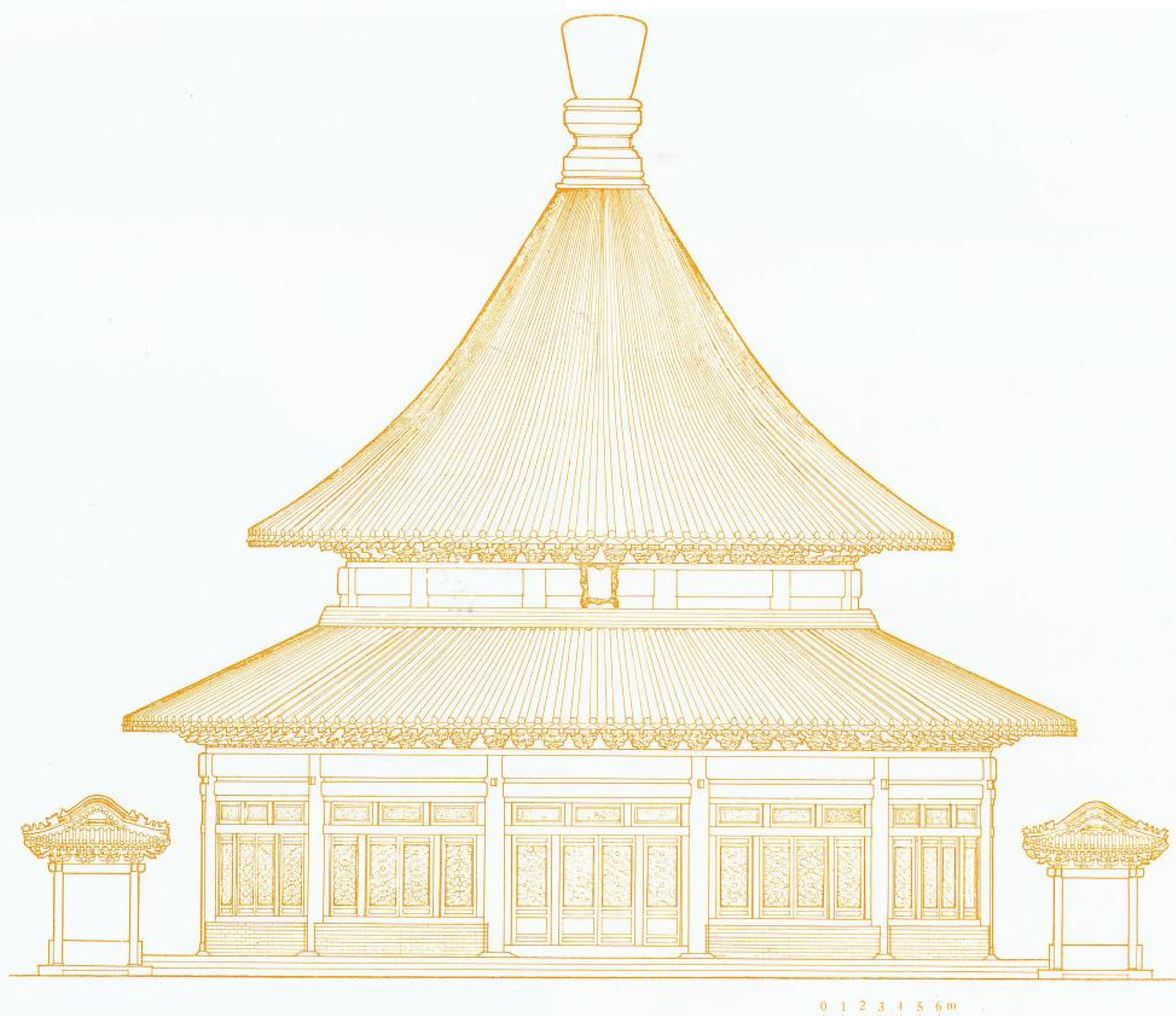


图5-8-33 河北承德普乐寺旭光阁正立面图

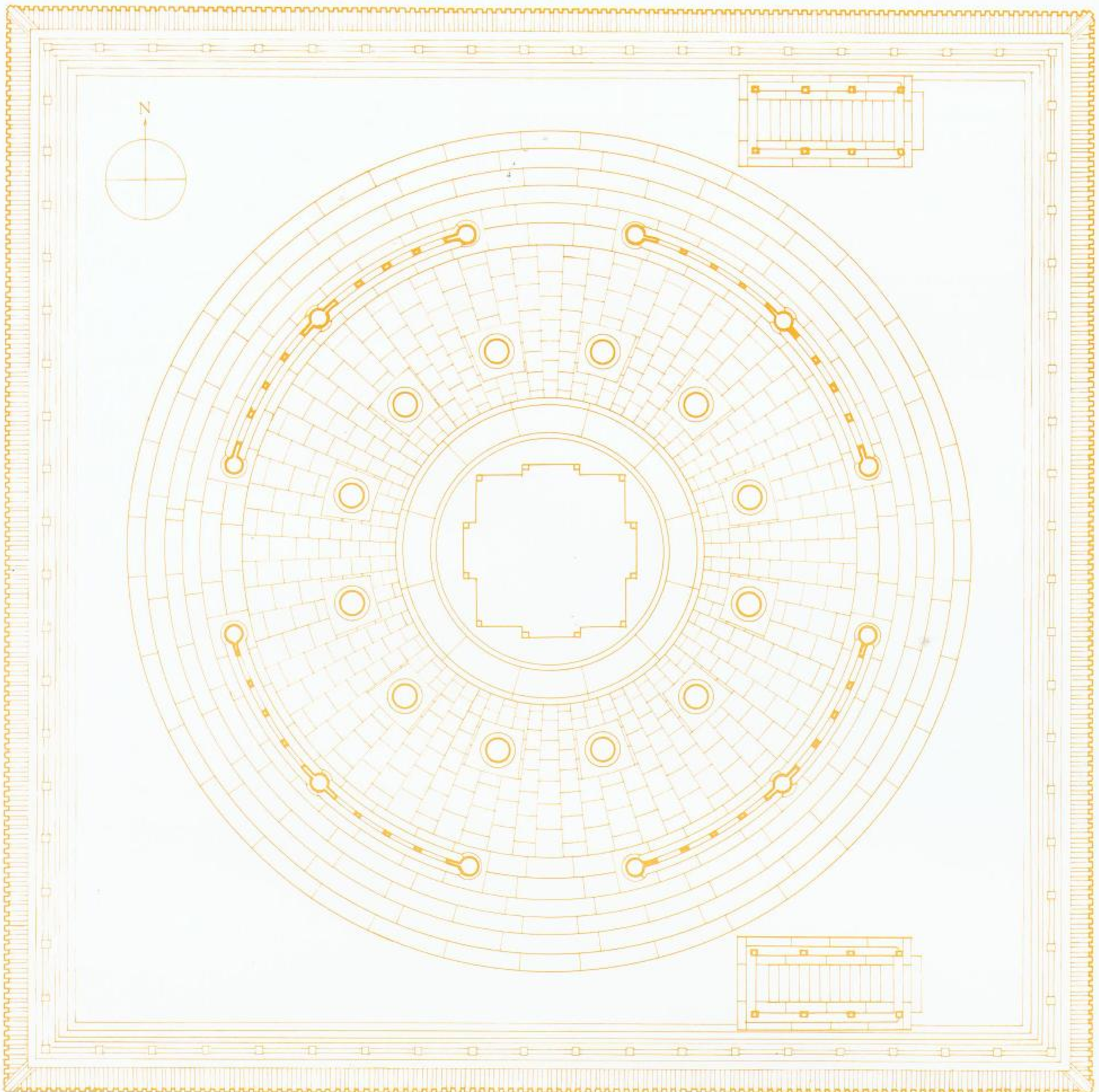


图5-8-34 河北承德普乐寺旭光阁三层平面图

戏台周围共十二根柱子，在柱子上除按面宽安置额枋、平板枋，用斗栱挑出第一层屋檐之外，在45°方向施抹角梁，在抹角梁的正中安设纵横交圈的井口扒梁。第二层的金柱、楼楞都安在井口扒梁上，上层重量通过抹角梁传到下层柱子上。三层楼的柱子退至二层楼的金柱位置上，外面安设平座，与一般“三滴水”的城楼做法相同。屋顶为歇山卷棚顶，三层檐下均施以斗栱，上檐为重昂五踩，中檐为单昂三踩，下檐为单翘单昂五踩。

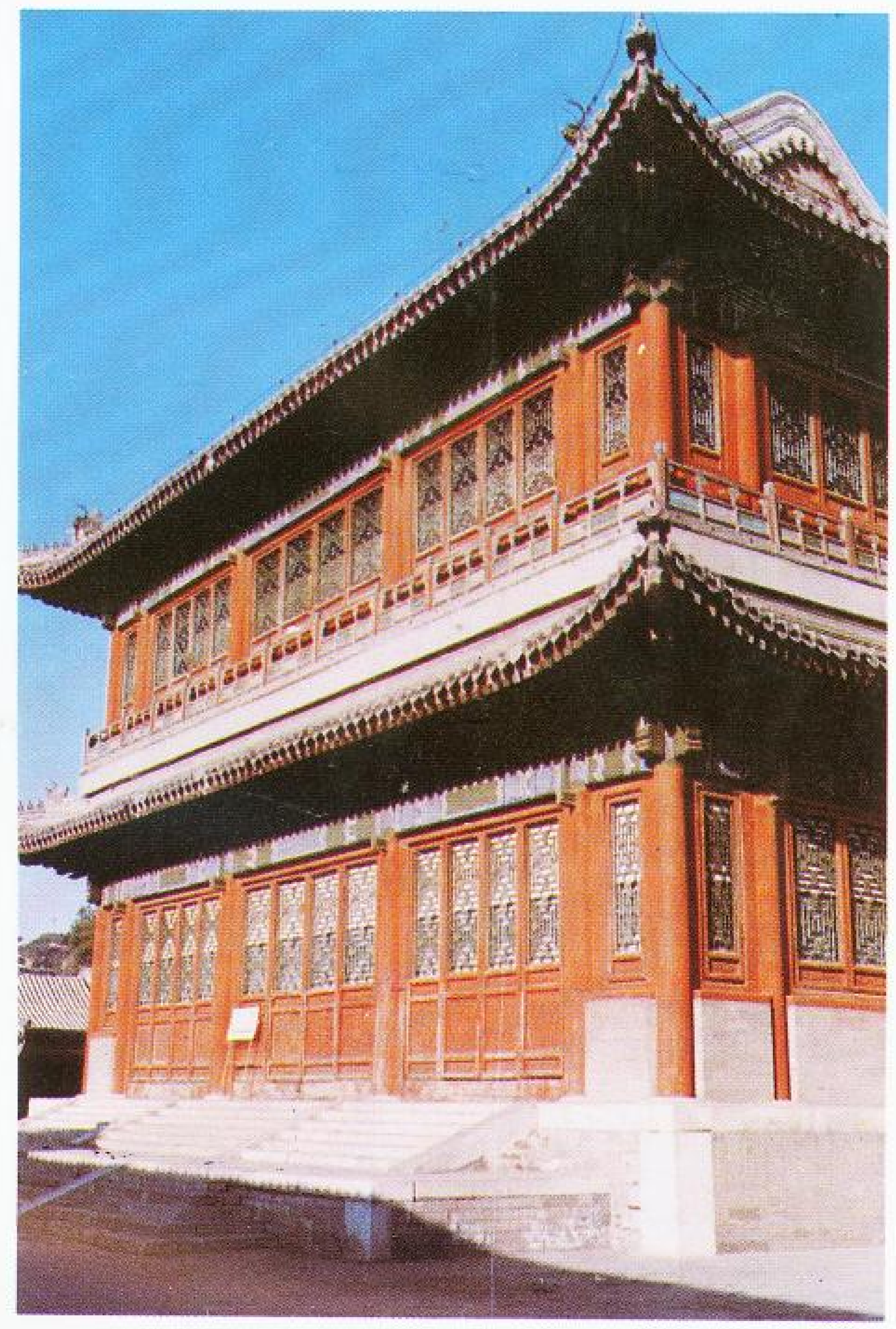


图5-8-36 北京颐和园德和园大戏台

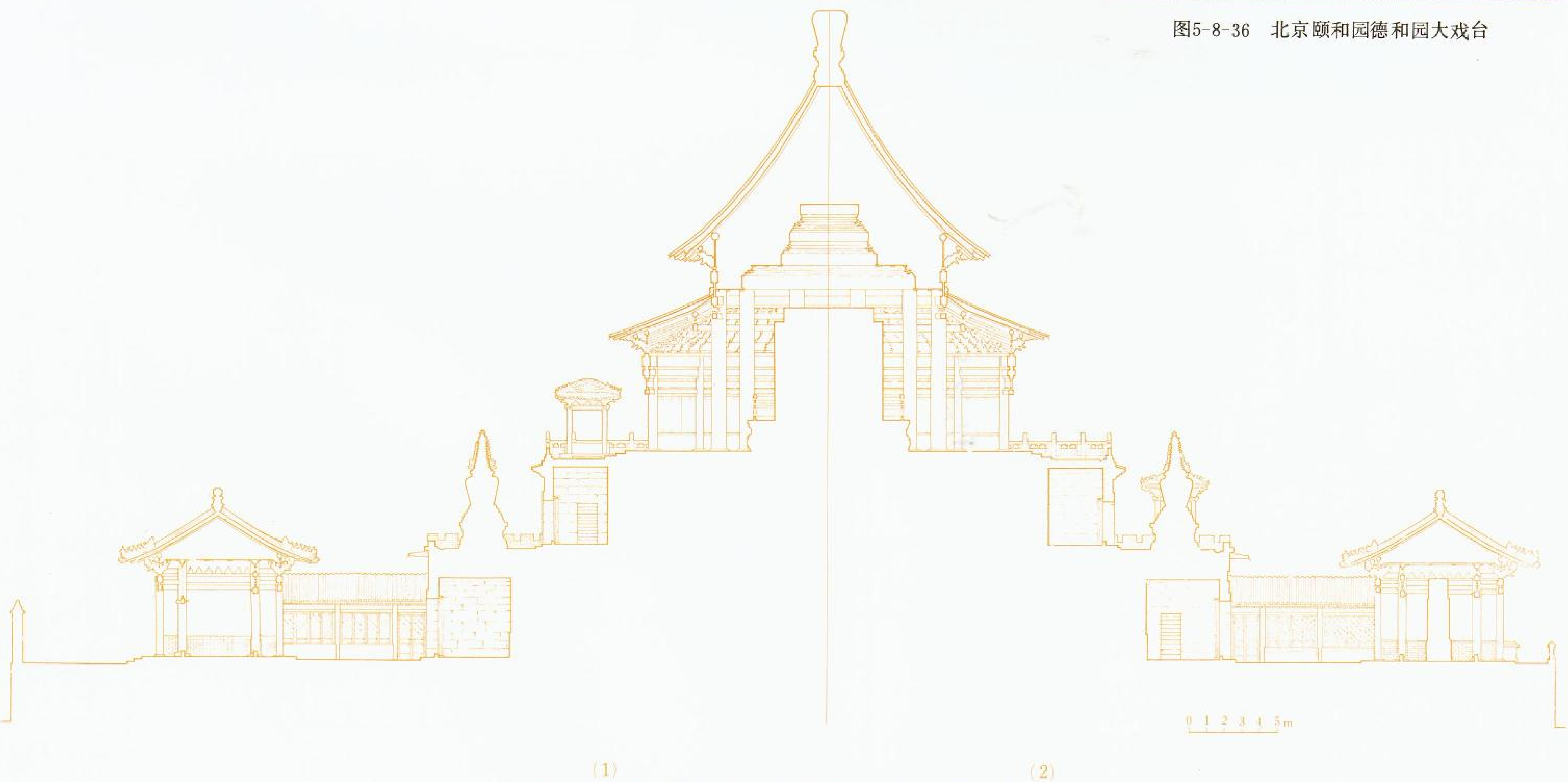


图5-8-35 河北承德普乐寺阇城、旭光阁纵、横断面图

(1)纵剖面图；(2)横剖面图

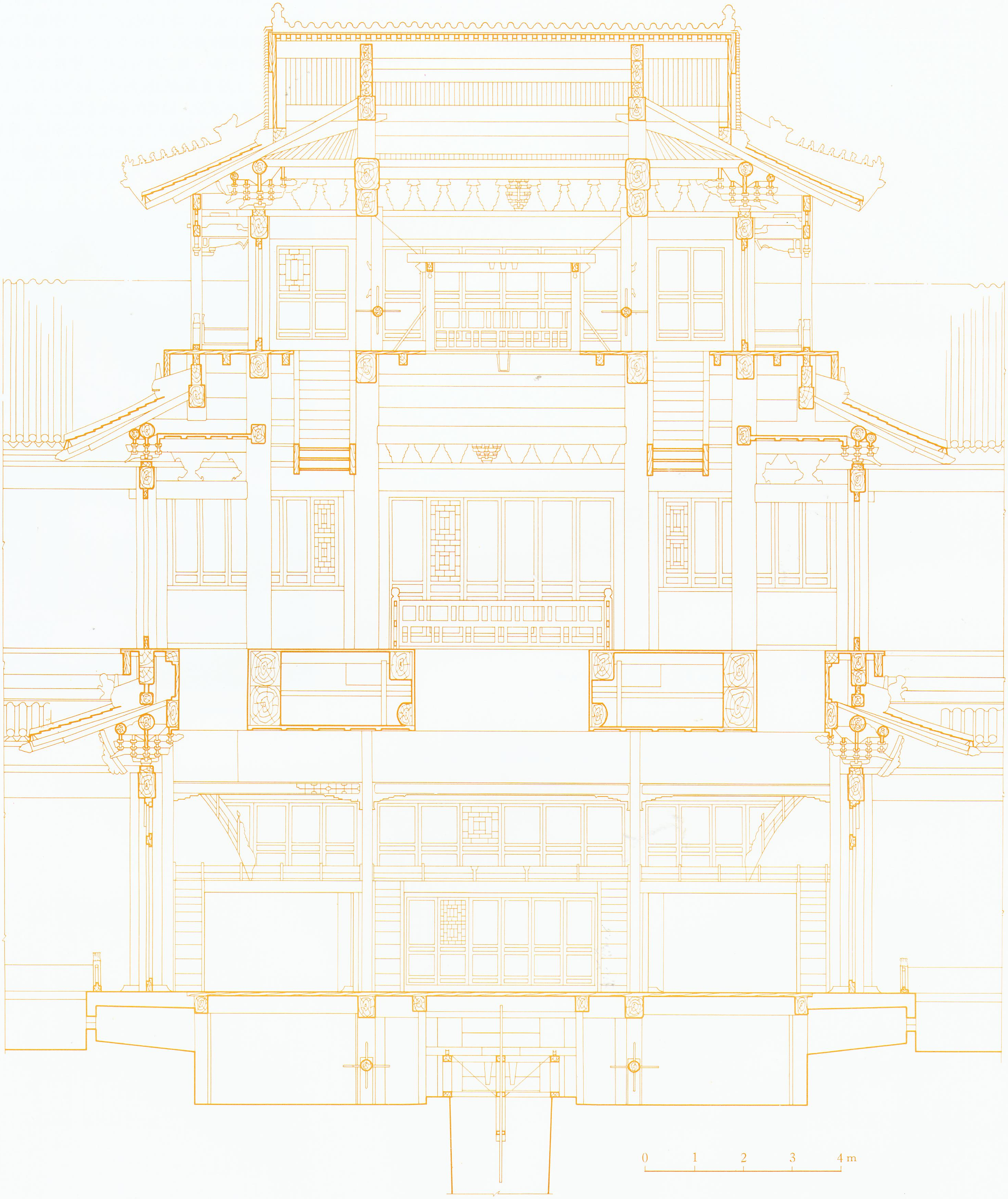


图5-8-37 北京故宫畅音阁纵断面图

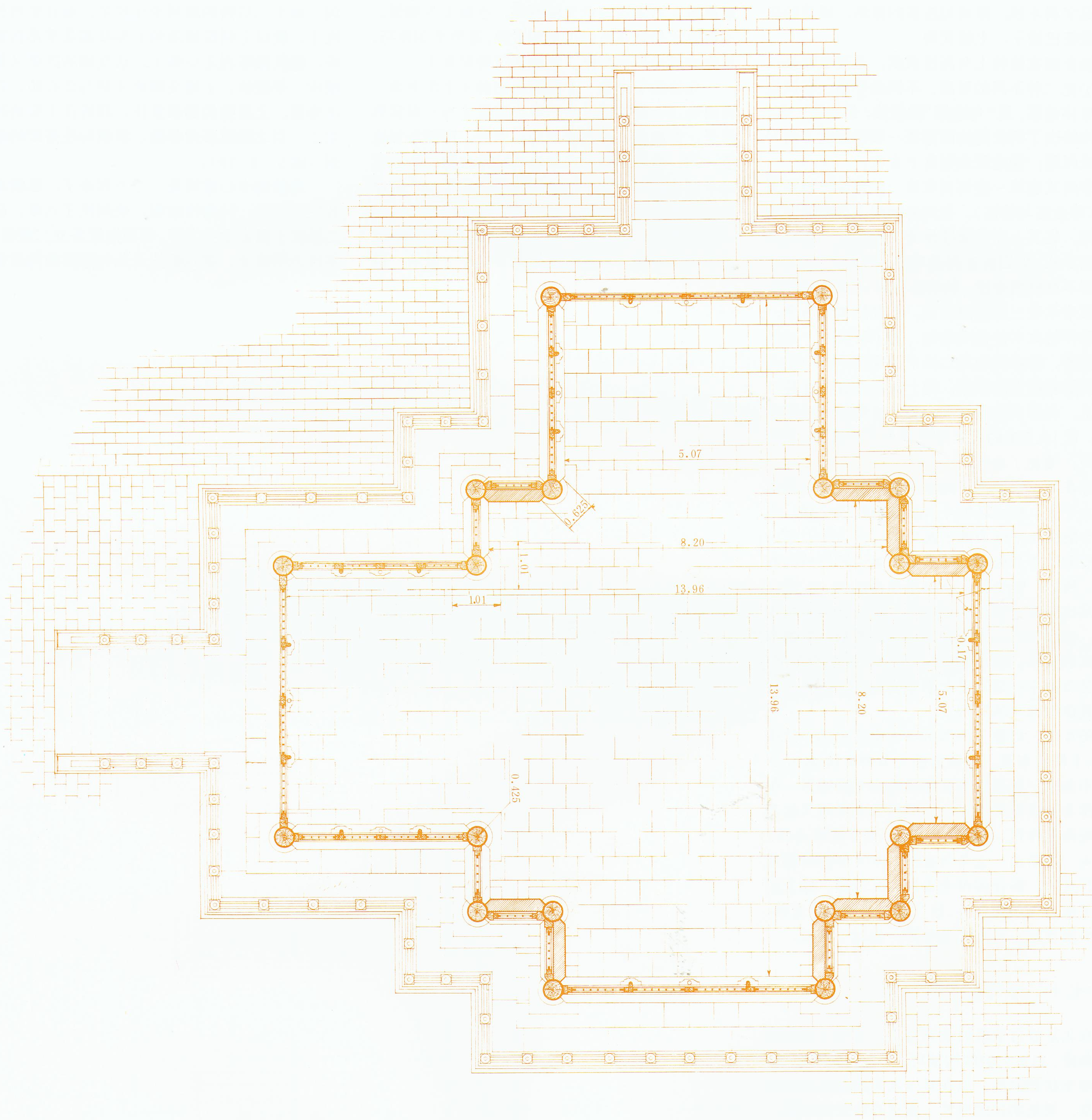


图5-8-38 北京故宫紫禁城角楼底层平面图

柱头科斗栱为抹角梁出头，在出头处用兽面装饰遮盖。

扮戏台为五开间的两层楼，通面宽为14.64米，通进深为9.6米，前后均带廊。金柱为通柱，中部安装承重梁，上端安装六架梁与单步梁。北面一排檐柱也是戏台的后排柱子，而在平板枋上安装品字科斗栱，形成勾连搭的做法。屋顶的搭接处做哑巴椽子，上铺天沟。

畅音阁在结构上有高度成就，主要表现在：

①把三种不同的层高、不同的平面、不同造型的单体建筑，用“勾连搭”的做法，组合在一起，成功地解决了明次间的面宽统一和梁枋柱子的勾连顺线问题，使建筑造型富于变化。

②阁式建筑一般都要在第一层用两排或两圈柱子（即金柱与檐柱），在内外两柱之间架挑尖梁或扒梁，在其上安设童柱作为上层檐柱，使之构成阁的形式。但因畅音阁是戏楼，不宜多用柱子，第一层不能使用金柱。如果设计用14.5米中距的大梁架来承受三层楼的荷重，不仅结构不合理，而且这样的大木材也难找到。为了解决这一功能上的需要，畅音阁在第二层下面采用了抹角梁与井口扒梁相结合的办法，把上部荷重分配在井口扒梁上，再传到抹角梁上，由于抹角梁的长度仅6米，比14.5米的大梁架跨度小了两倍多，节省了长料，增加了功效。

③在第二层楼板下的抹角梁与井口扒梁同在一个水平上，结点略似斗八藻井的榫卯咬接，成为一个能抗水平推力的平面力系。在力学上它与水平桁架的作用相同，是高层建筑中较好的抗震措施。所以，畅音阁的结构虽然高达20.91米，第一层也只有一圈疏朗的柱子，看起来有点头重脚轻，无倚无靠，但是经过地震的考验，它的木构架依然完好。这种加强抗水平推力的结构方法，不仅是我国古代建筑史上的重要实例，而且是今天抗震建筑常用的原理。

畅音阁三层楼下的楞木与承重梁虽然不是按45°水平杆件布置，在稳定性与节约木材两方面看来不如用三角形的杆件做成的水平桁架好，但是把楞木的断面适当放大，既作为龙骨用又起到水平桁架的作用。这样一举两用，便于挖卯合榫，虽加大一些断面，也是合算的。1976年唐山地震波及北京时，畅音阁没有出现什么问题。除上述抗水平推力等结构之外，这三层楼板下的承重枋，楞木纵横交搭，榫卯咬合牢固，也起了作用。

（五）七十二条脊的玲珑亭殿

在北京故宫紫禁城的城角上，有四个玲珑秀丽的角楼，由于它的结构精巧，久为人们所传颂。与角楼形状相似的，原在景山大高殿前也有两座习礼亭，同是明代的建筑。象这样玲珑的屋顶，在我国古代绘画中也常见到，但实物则是明清时期最多，表现了明清时期建筑工匠们的建筑技巧。

故宫角楼建于明代，它本来是作为防御用的，但它建筑优美，同时成为故宫的装饰点缀建筑。由于角楼的屋顶复杂，平面曲折，多檐、多脊、多角，造型秀丽，所以传说这样复杂的建筑只有鲁班做出模型才能修建。但是，只要我们剖析一下角楼的木结构，便可看出，它也不外是我国古建筑中木构架基本方法的巧妙组合。宋画黄鹤楼、滕王阁以及元代大内宫城四隅的三垛楼等等，都有类似的形状。现存实物中，如正定宋代隆兴寺摩尼殿，北京团城承光殿等等，也都有些相似。不过故宫角楼在布局上更加紧凑，造型更加玲巧，装饰的效果更为突出。它的建筑情况如下：

角楼的平面是一个四面凸出的十字形平面，周围有三十根柱子，十二根出脚柱子与八根窝脚柱子。中间是一个三开间的正方形，四面各加抱厦一间。由于角楼处在城墙的转角位置，所以它的平面也随着变化，因地制宜地采用了45°斜中轴线的艺术处理手法，把它与城墙转角的形式统一起来考虑。就是说，角楼的纵横柱位线用南北的子午线方向，与城墙的南北方向是一致的，但其设计轴线不同于子午方向，而是在城墙里外皮的转角点的连接线上，与城墙成45°的斜线，即顺城墙的两面是大抱厦，朝城墙外的两面是小抱厦。因此，从转角的45°方向上看，它是有规律而对称的（图5－8－38）。

角楼的大木构架与一般古建筑的梁架基本相同。由于二层楼的屋顶变化较多，而且室内没有柱子，所以上两层屋顶的五架梁都是采用扒梁方法，把扒梁落在正心枋上。这交圈的扒梁又兼做额枋、平板枋。上施交圈的斗栱与正心枋，以搭抹角梁，上层檐的四根童柱，即落在下层的抹角梁上，以之造成多角多檐、纵横勾连搭配的歇山顶（图5－8－39）。

角楼的中心建筑是一个方形亭子，纵横面宽各三间四柱，计角柱四根，明间柱子八根，以十二根柱子围成中央方亭，每面抱厦各立二根柱子，共计八根柱子。这八根柱子从勾连搭的构造情况

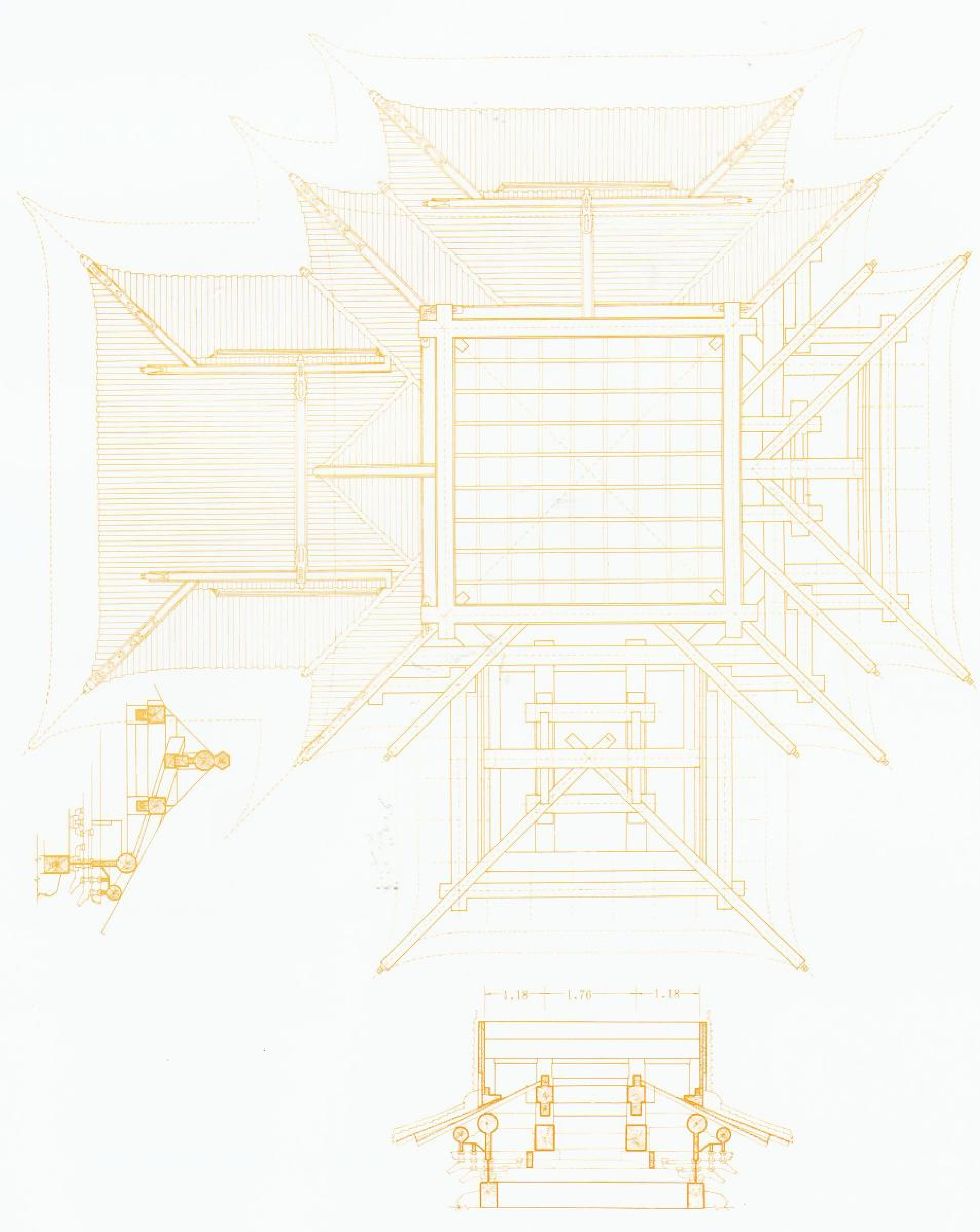


图5-8-39　北京故宫紫禁城角楼三层平面图

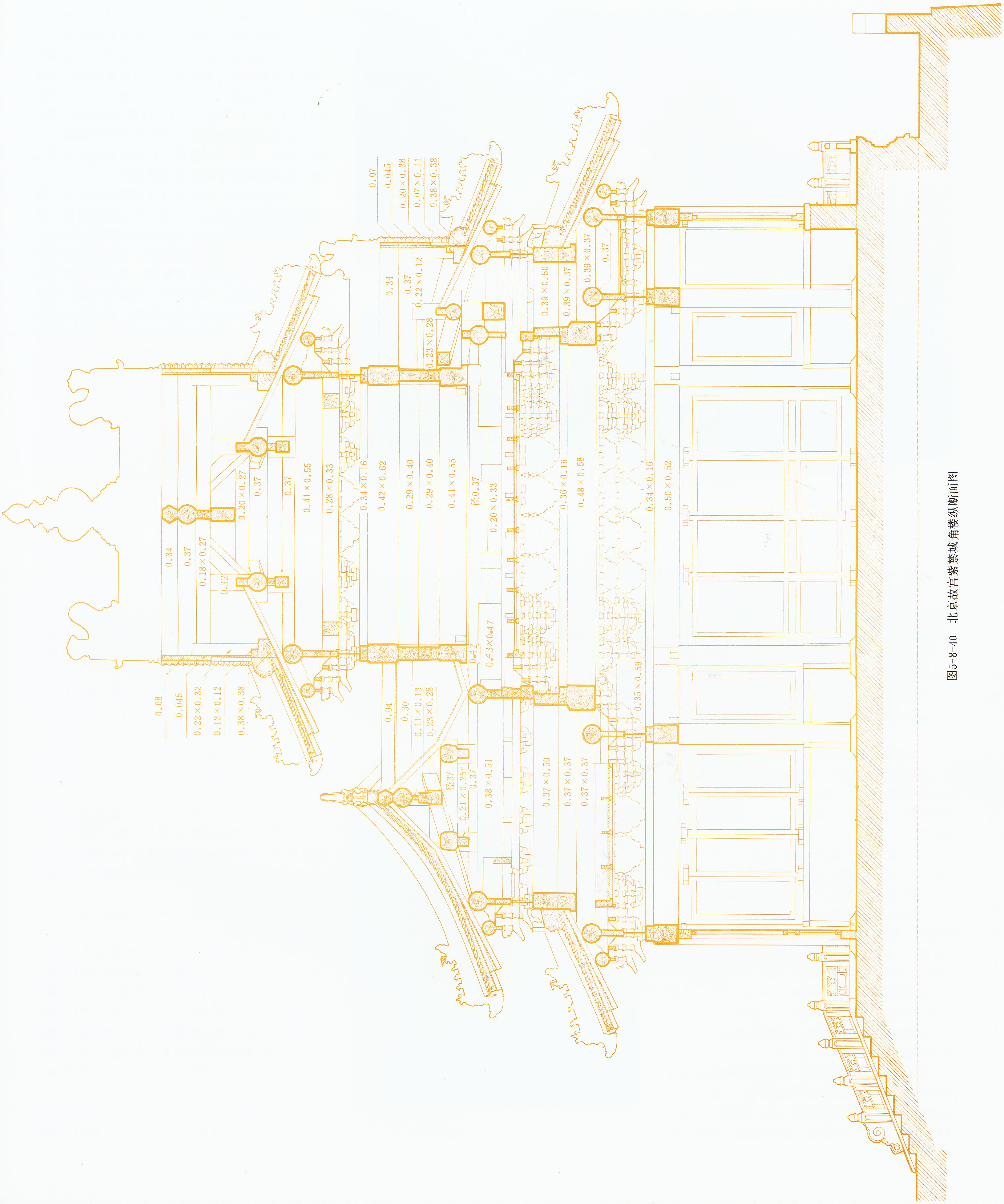


图5-8-40 北京故宫紫禁城角楼纵断面图

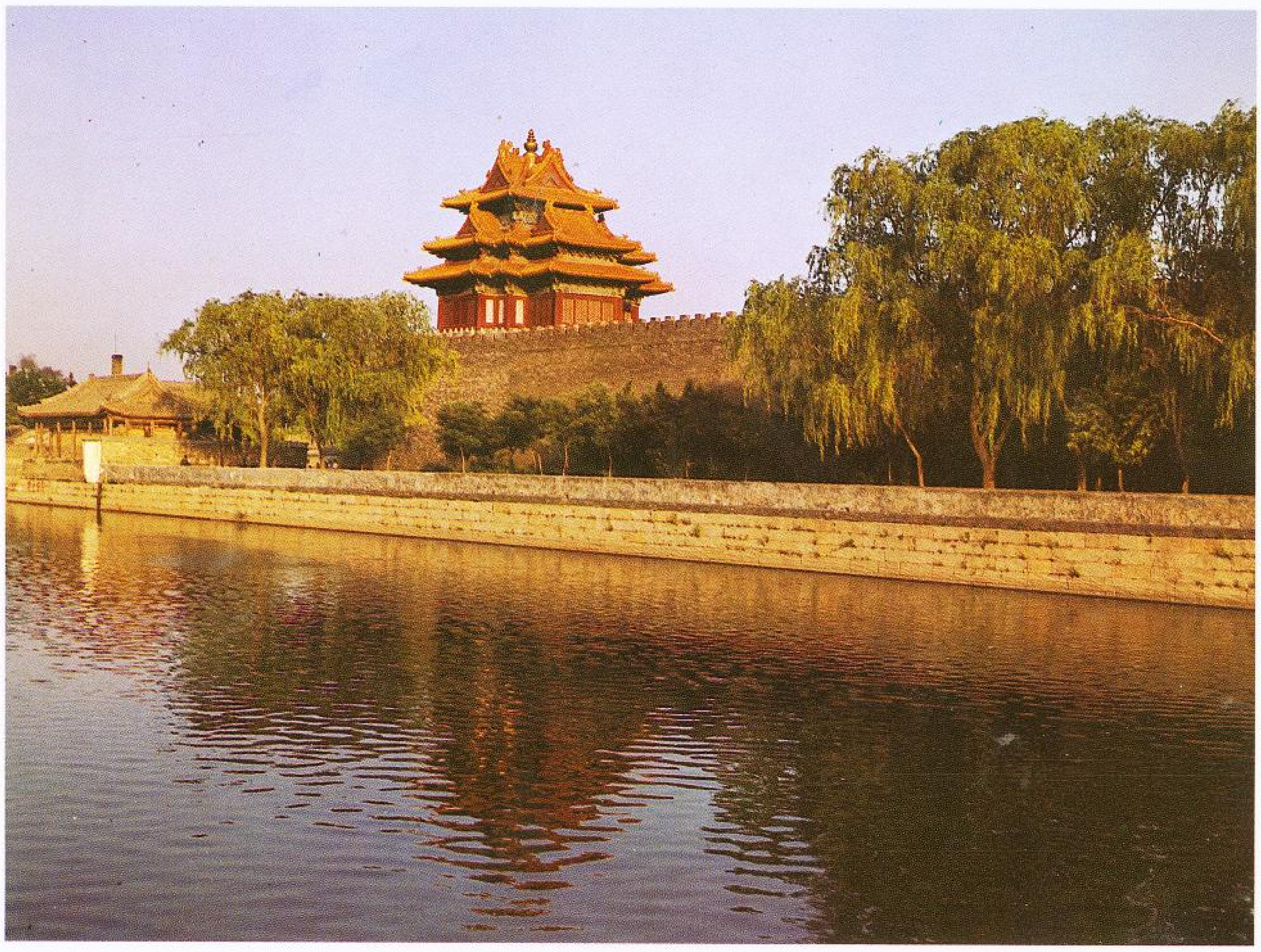


图5-8-41 北京故宫紫禁城角楼

来看是檐柱，但从外观上看又是角柱。所以形成了十二个出角与八个窝角，共计二十个内外角（图5－8－40）。

角楼的屋顶是组合得非常玲珑的，共有三层檐七十二条脊。抱厦出檐两层，属于重檐歇山顶，但整个下层檐采用腰檐的方法环绕建筑一周，与正中方亭有机地结合成为一个整体。最上层为十字脊交叉的四面歇山顶。正中安置一个镏金宝顶，金光闪灼，分外鲜明夺目（图5－8－41）。

（六）悬空楼阁

在我国许多名山胜景地方，经常可以看到在半山腰的悬崖峭壁间，层楼崛起，栈道盘旋，真似仙山楼阁一般。它们大多是明清时期的遗物，表现了明、清工匠们的大胆设计、惊险施工的高度技术水平。

（1）悬空寺：悬空寺在山西浑源县北岳恒山山麓，翠屏山的北隅。寺庙建筑在一个离地面数十米的悬崖绝壁之间。当地有一块古碑描写说："上不在巅，下不在麓，而宫殿垣墉倚伏于幽崖峭壁间者，则曰'悬空寺'，是寺也，虹桥飞跨，楼阁遥连，柱础参差，其址危险，不知者以为神为之也"，正是悬空寺的真实写照。

悬空寺建筑年代，根据寺内金大定十六年（1176年）的碑记，至迟在八百年前的金代就已经有了规模较大的悬空楼阁。现存建筑大多是明、清时所重修。

悬空寺的平面布局是，自山崖的北侧先倚山崖修石阶，至悬崖处开始修建殿阁，逐渐往南，距地面越来越高，以挑出的飞廊（即碑文上所描写的"虹桥飞跨"）和楼阁、殿宇相连，构成一组天宫楼阁（图5－8－42）。

悬空寺的结构，因为没有地面的基础，它的上层建筑全靠从山崖上挑出的木梁承托全部殿阁、飞廊的重量。有些殿阁之下，为了增加安全的条件，在绝壁之上凿出坑窝，安设支撑的立柱以支托挑出崖壁的木梁。有些殿阁和飞廊则全部凌空，下面没有支托。挑出的木梁的做法是沿着绝壁逐个开凿孔洞，把木梁插入孔洞，松动的孔洞用木楔打入加固。在挑出的木梁之上铺楼板，加立柱和梁架，建成一座殿阁和飞廊。

悬空寺不仅在结构上有其大胆的创造，而且在施工上也有着大胆而惊险的创造。在修建之初如何施工，还没有发现什么记载，但是在重修时施工方法则有不少记载，如清同治三年（1864年）碑刻上记载当时施工的事说：同治三年的时候，当大家都担心因为崖壁太高没法搭起脚手架，可是一位名叫张廷彦的木匠挺身而出说，不用脚手架也能重换挑梁，再建楼阁。张廷彦和他的同伴们用一大绳系腰，绳头结在上层崖上，上下左右游荡，不到一年的时间，悬空寺就全部修缮完毕。这个记载说明了修缮时不用搭架而用绳索保险的施工方法，从而可以推测，当初新修悬空寺时可能也是采用不搭架的办法来修建的。

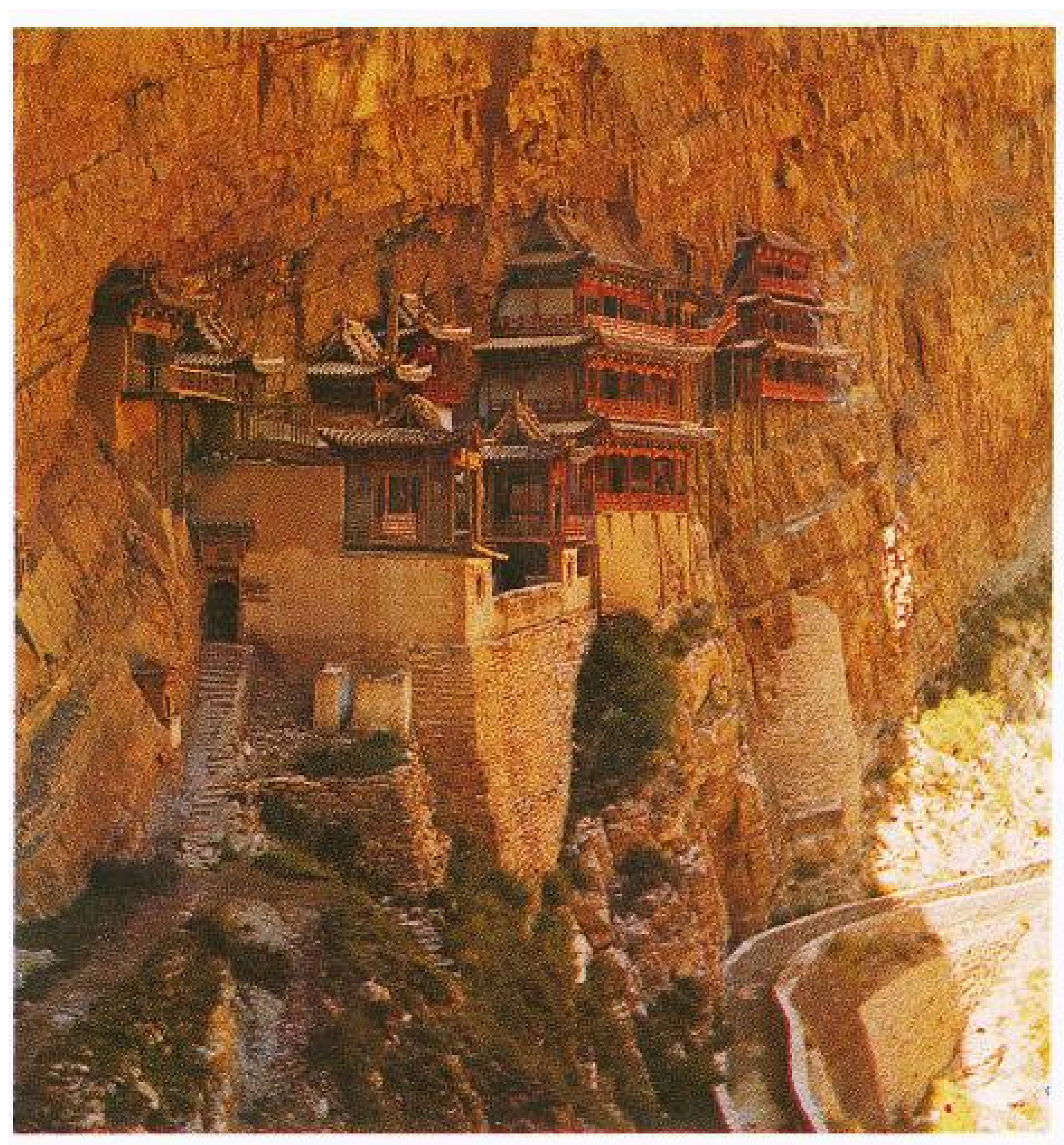


图5-8-42 山西浑源县悬空寺全景

（2）娲皇宫：在河北涉县西北太行山区一座名叫娲皇顶的山崖之上，巍然屹立着娲皇宫。这里山势挺拔，绝壁悬崖。雄奇的娲皇宫座东向西，建于绝壁之间，宛似天宫楼阁。娲皇宫的主体建筑为一座四层黄琉璃瓦的大殿，大殿的两旁有石室和楼阁、亭殿，共同组成一组悬空宫殿。娲皇宫的建造方法与恒山悬空寺相同，也是先从悬崖的一旁开梯道，沿山崖向陡壁修建，在石壁上凿孔插梁，挑出石壁外，然后在挑出的梁上铺板，立柱架梁，做屋顶。娲皇宫的殿后还有多根巨大的铁索吊于绝壁之上，使宫殿悬空。当地人民因此而把娲皇宫称为"吊庙"。

据文献和传说，娲皇宫创建于唐代，现在的建筑系为明清时重修。在崖壁之间，至今还保存有早期的经文石刻和其他一些文物。

（七）悬柱楼阁

巨大金柱不落地的高楼大阁——容县真武阁，是我国古代工匠所创造的又一奇迹。

真武阁在广西容县县城东门外，位于绣江北岸的一个高台——"经略台"之上。经略台建于唐乾元、大历年间（760年前后），因唐代诗人元结曾任容管经略史而得名。现存真武阁则是明朝万历元年（1573年）的建筑（图5－8－43）。

真武阁高三层，共13.2米，其柱网布置的特点是从正侧两面看去当心间均为5.6米的正方形，形成一个正中的方形井口以适应上层结构的需要。正面两次间各4.1米，侧面两次间各2.8米，成为一个总面阔13.8米，进深11.2米的柱网平面。

真武阁在结构上的大胆创造是利用杠杆原理，两种方向相反的推力相互对抗以取得平衡，把楼阁正中四根巨大金柱悬空起来，离地一寸许（3厘米左右）。这是木构建筑上的奇迹，不能不使人为之惊叹。

四根巨大金柱能腾空离地，主要是由以下两种方法来完成的。

第一，利用我国古代建筑中特有的斗栱结构，将很长的栱身穿插通过檐柱，而把栱身的后端插入金柱。由于外面挑出较长，里面较短，把檐柱作为支点，把长栱当作杠杆。杠杆较长的一端挑起较轻的但面积较大的檐部荷载，较短的一端挑起较重的但集中在较小面积内的金柱、梁架和屋顶、楼板的荷载，使檐柱内外两部分的荷载得以平衡（图5－8－44）。

第二，在金柱本身通长大约一半高度的地方，用断面为30×30厘米许的大梁一道，梁的两头砍



图5-8-43 广西容县真武阁

削成为7×28厘米的长榫，穿过金柱，两端都插入檐柱，好象抬担似的抬着巨大金柱（图5-8-45）。

通过以上两种措施，四根巨大金柱就被悬挂起来了。7×28厘米的长榫穿插抬担，虽然断面不大，但是由于利用斗栱结构的杠杆作用把上层荷载取得了基本平衡，抬担所承的重量也就不大了，足以负担起金柱的力量。这一抬担梁由于通过金柱，穿入檐柱，就把悬空金柱上下左右固定下来，使它们不会自由活动，保证了整个建筑物的稳定。

真武阁自建成以来，已经过了四百多个寒暑，经过了无数次大风、多次地震和其他自然作用的袭击破坏，但是三层高阁巍然屹立，四根巨大金柱依然悬空离地。

四 明清木结构的施工程序

明清木结构的设计与施工程序，概括起来大体有以下几个步骤：

1.先进行地形勘查，量出四至（基地总平面）和排水方案（雨水的流向），再拟制生活用水（井或河流）、风向、日照、交通等方面的建筑方案，包括建筑布局与建筑式样、建筑尺度——院当大小尺寸、每栋建筑的面宽、进深、斗口柱高以及屋顶形式等。

2.根据基本方案，按照《工程做法》或《营造算例》，算出构件的尺寸（详见本书“《工程做法》评述”一节）。

3.根据基本方案与构件尺寸，做出方案成果，其表现方法有三种形式。

（1）做法清单：即用文字表达工程做法的基本情况，类似现在设计中的说明书，包括工程地点、院当尺寸、每栋房屋的面宽、进深、柱高、斗口尺寸与形式、屋顶类型、油画等级以及装修、台基、散水等。

（2）方案图纸：古代的建筑方案图有两种表达方法：一种是用平、立、剖面图表达建筑的具体情况；二是用总图表达建筑的总体情况，如“乾隆京城图”，它的特点是既表达了平面关系，又示意了立面概况，其立面图的视点多在主街巷或主院的轴线上。这种图的应用，在高层建筑不多的情况下，作为表达概貌的总图是很方便的，因为看到它就可以无须再一个个地对照立面图去了解概况了。

（3）烫样：烫样是用草纸板经过剪裁，在弯曲的屋面（如屋顶的瓦陇）经过闷湿烫出凸凹面，然后粘好，刷色，形成建筑模型。根据不同的要求，烫样的比例尺不同，可以做总体烫样，包括水池、树木、山石、道路、房子等。另外还有单体建筑的房子，能把基阶、斗栱、门窗、油饰彩画、屋顶吻兽等情况表达出来。为了注明尺寸与做法，另写出一些小纸条（如面阔、进深、柱高、

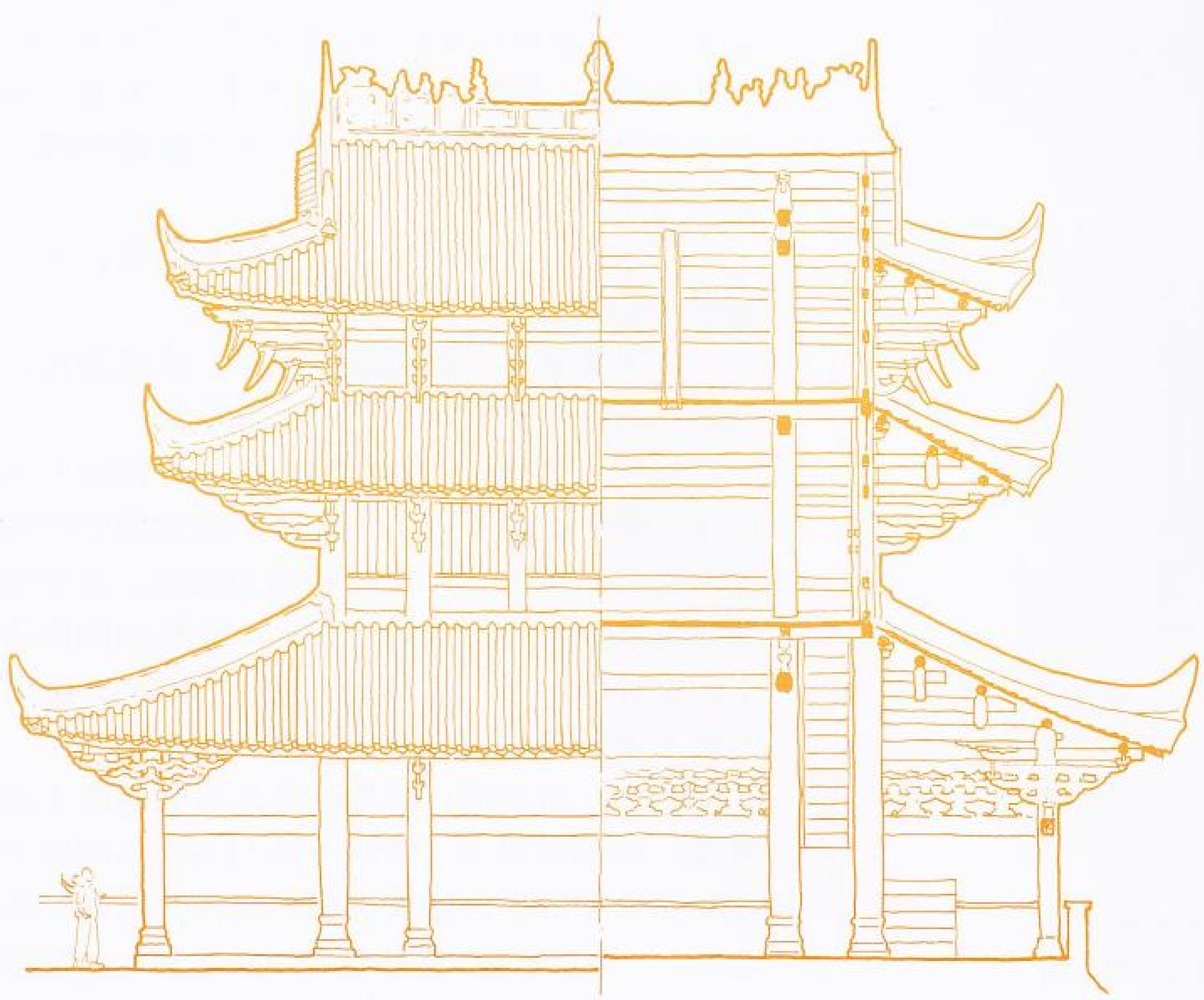


图5-8-44 广西容县真武阁正立面及纵断面图

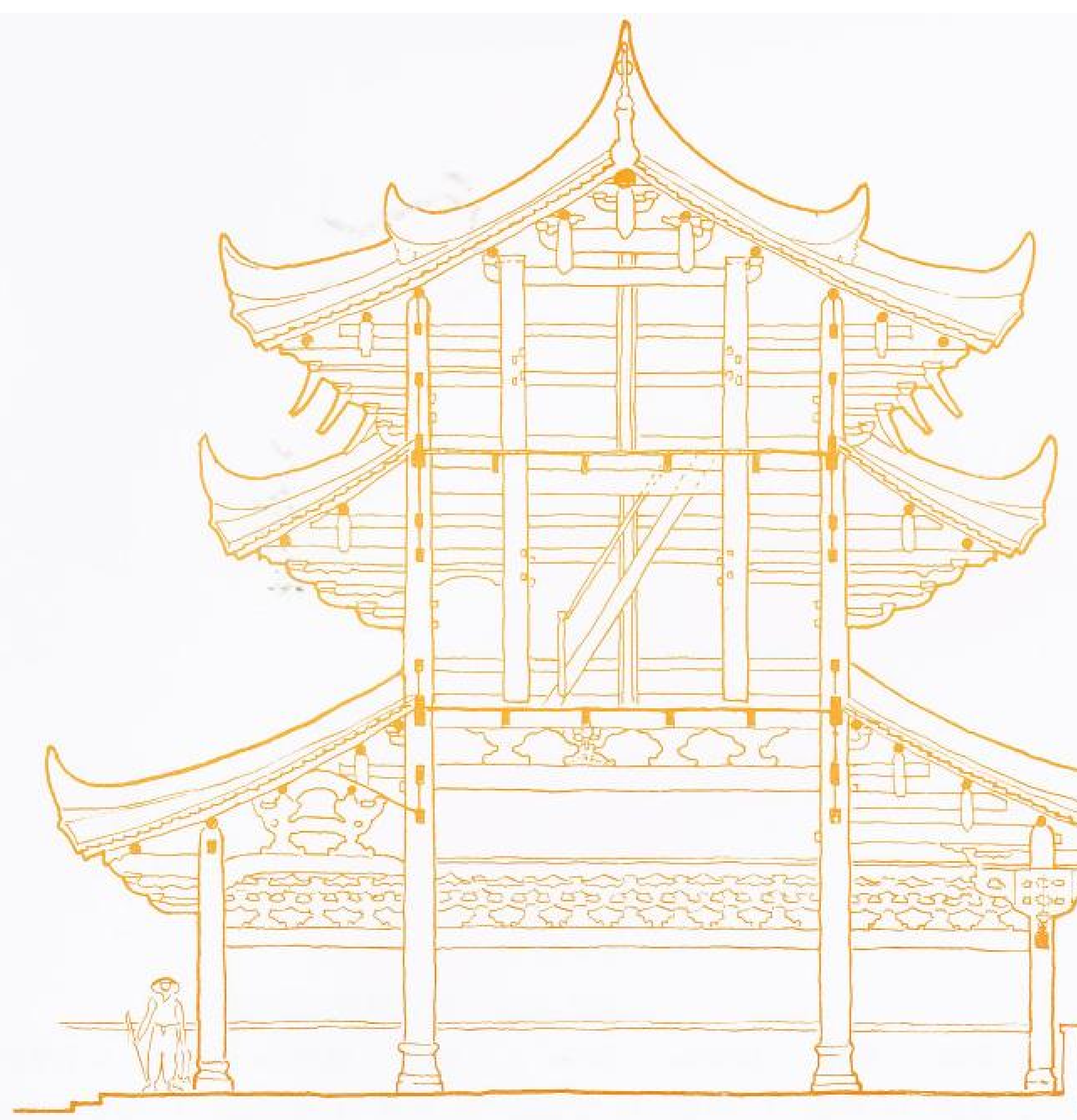


图5-8-45 广西容县真武阁横断面图

檐出、瓦样、彩画等）贴在烫样上，这样做大体完成了方案设计。因明清建筑的构件多为定型规格，所以不用设计详图大样也可施工，设计上只提基本尺寸与类型，至于细部手法，均由各工种按统一做法进行。所以在清代把方案设计称为“样房”，著名的“样式雷”从清康熙年间雷发达及其后代辈辈相传二百余年都做这项工作。

在烫样或图样完成以后，经上报批准，交算房进行估工估料，做工料清单。

材料备好后，即进行场外预制加工工作，如修建故宫时有许多加工现场，台基厂就是大木构件的加工厂。预制前先在平广的台基上画出实样，小件可以画在墙上或拼板上，然后逐件加工。

（1）预制梁架：制梁时按设计的断面尺寸加出锯口与刮刨厚度开料，并按设计长度加出锯口与净光厚度截料，梁身刮好后，在熊背上弹中线，在梁底弹中线、楞线，两侧弹楞线、平水线、台头线、熊背线，然后用丈杆过中，做梁头、垫板口及桁椀。桁内做鼻子，熊背上做金瓜柱或柁墩眼，梁底皮凿海眼为梁下的柱子榫头入卯。三架梁的海眼为了瓜柱或柁墩的榫头入卯，在三架梁的上皮（熊背）上凿出角背眼、脊瓜柱眼，在梁的两端（插金梁是一端做榫，一端做柁头）作鼻子、凿桁椀（为搭桁条用）。净光圆棱后成活（图5－8－46）。如做挑尖梁时，要在梁头上拔腮。大建筑的梁多拔两道腮，第一道腮是由梁头到挑檐枋，第二道腮是从挑檐枋到正心枋（把六斗口减薄为四斗口）挖出梁头峰尖，凿挑檐桁与正心桁桁椀。椀内做鼻子、剔甬子十八斗口及各种斗栱眼（以备插厢栱、万栱），剔枋子口，如正心枋与里外曳枋、井口枋、挑檐枋口、凿盖斗板及斜斗槽板的槽沟等。在梁的另一端（梁尾）做榫（以入金柱眼）（图5－8－47）。



图5-8-47 清式挑尖梁头做法

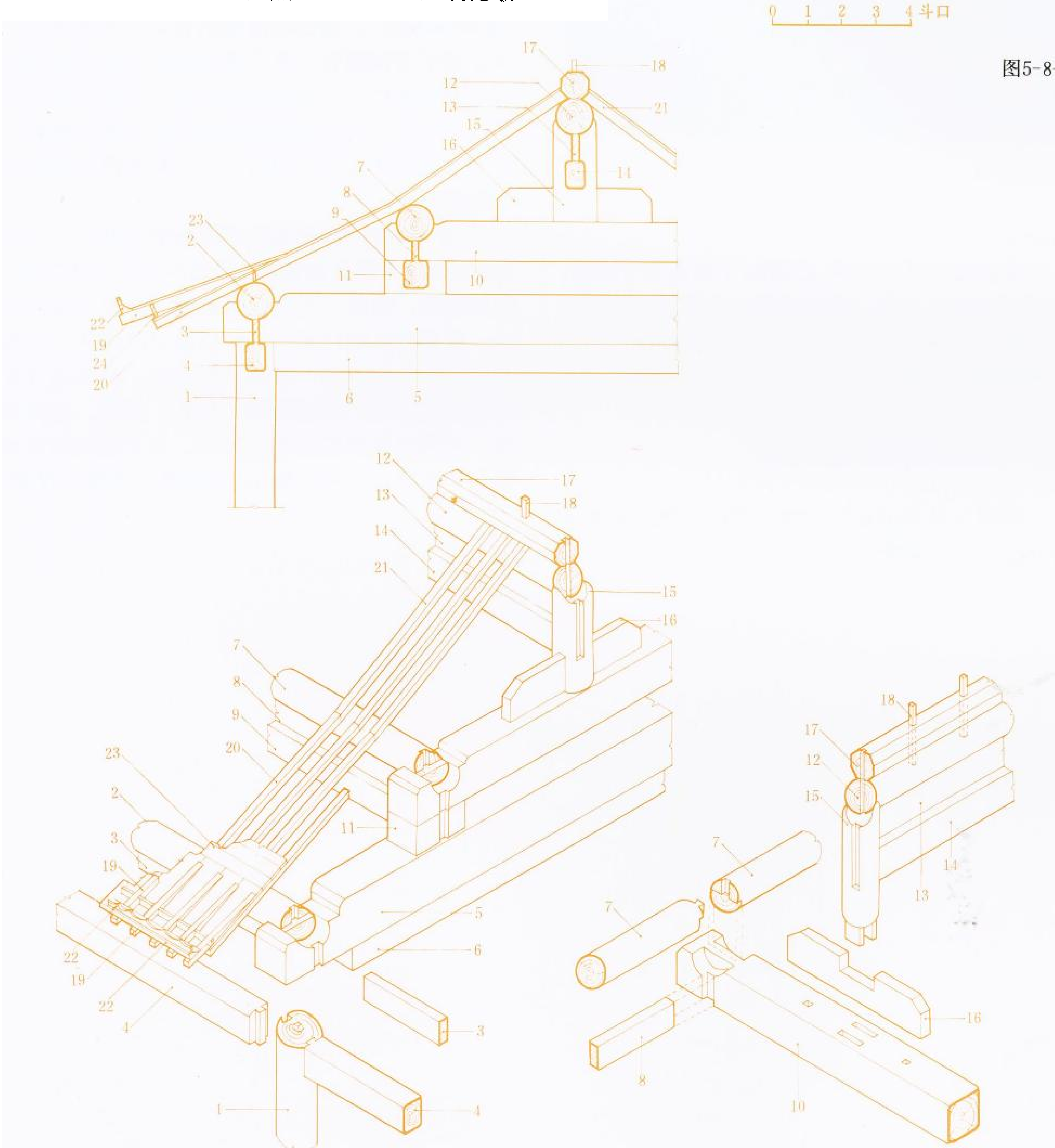


图5-8-46 清式梁架分件做法

1.檐柱；2.檐檩；3.檐垫板；4.檐枋；5.五架梁；6.随梁枋；7.金檩；8.金垫板；9.金枋；10.三架梁；11.柁墩；12.脊檩；13.脊垫板；14.脊枋；15.脊瓜柱；16.角背；17.扶脊木（用六角形或八角形）；18.脊桩；19.飞檐椽；20.檐椽；21.脑架椽；22.瓦口与连檐；23.望板与裹口木；24.小连檐与闸当板

制做的金柱或瓜柱、柁墩，要根据举架折算，定出尺寸。在做脊瓜柱时，要在其上端挖桁椀（以支承脊檩），剔枋子口（以入脊枋），并在下面两侧剔角背口。瓜柱与柁墩的下端均做管脚榫，以插入其下面的梁背上。

梁架的各件做好后，即行就地组装，完成预制梁架的第一道工序。

以上是硬山、悬山顶的梁架，大式做法。在庑殿、歇山梢间梁架中还有下列做法：

第一，顺梁法。在一栋房的两尽间的左右柱子上，顺着正身檩子的方向所放的梁称为顺梁。如为挑尖梁头，这个梁也叫挑尖顺梁。这种梁的做法与一般正身梁的做法一样，梁尾多插在金柱上，梁背做卯眼以放交金墩或交金瓜柱。歇山顶的踩步金即放在交金墩上（图5－8－48）。

第二，扒梁法。扒梁是梁头扒在桁条上的一种梁，基本做法是，梁的下皮与其所扒的檩中线在一条水平线上，梁头在檩外皮内（檩与檩外皮之间），并随举架（椽子坡度）斜锯梁头，挖出椽槽，以尽量减少梁头断面。梁的两侧及熊背的剔槽凿眼与一般梁的做法相同。扒梁头下面的中间

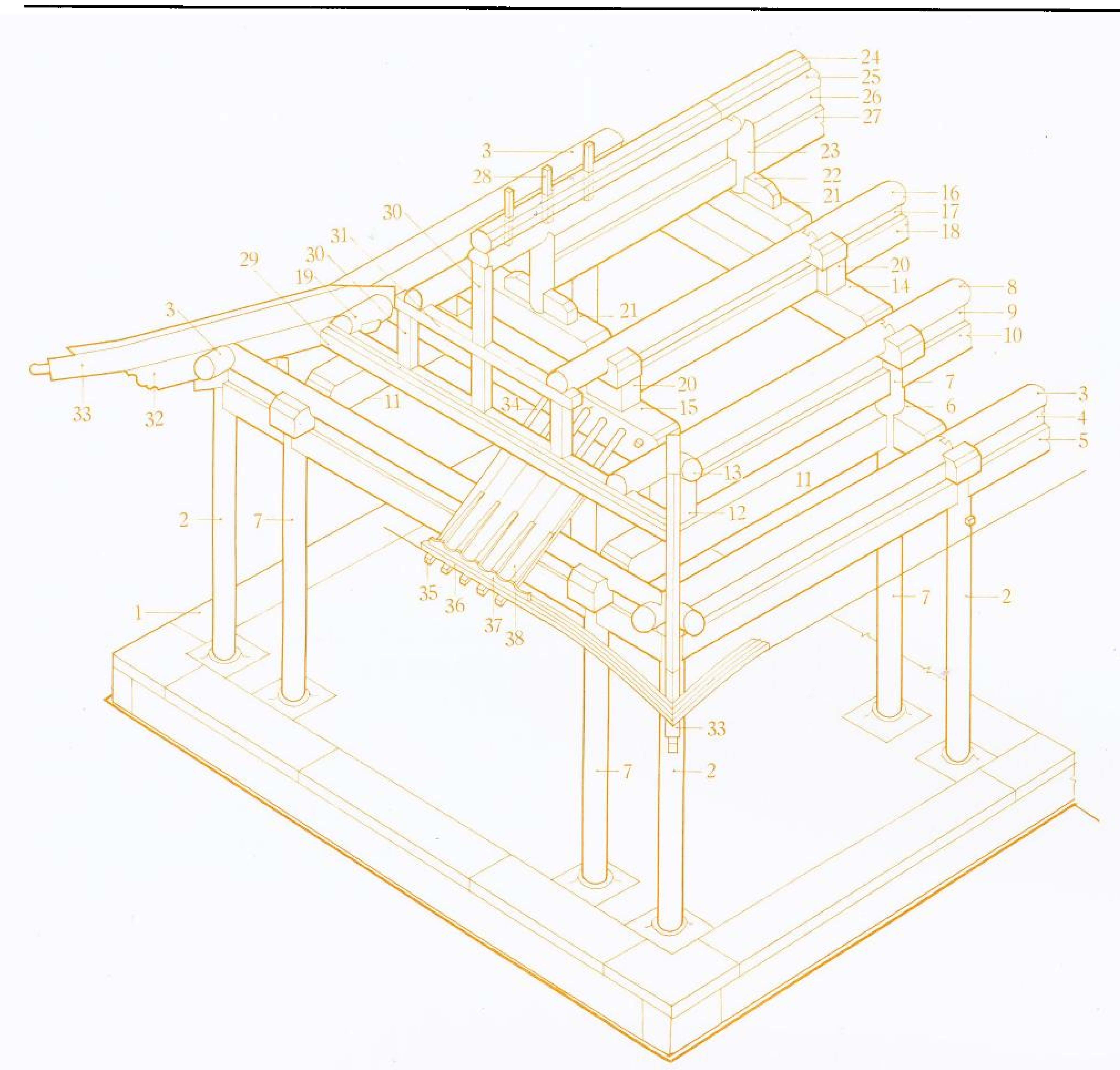


图5-8-48 清式歇山木构架

1.台基；2.檐柱；3.檐檩；4.檐垫板；5.檐枋；6.抱头梁；7.金柱；8.下金檩；9.下金垫板；10.下金枋；11.顺扒梁；12.交金墩；13.假桁头；14.五架梁；15.踩步金；16.上金檩；17.上金垫板；18.上金枋；19.挑山檩；20.柁墩；21.三架梁；22.角背；23.脊瓜柱；24.扶脊木；25.脊檩 26.脊垫板；27.脊枋；28.脊椽；29.踏脚木；30.草架柱子；31.穿梁；32.老角梁；33.仔角梁；34.檐椽；35.飞檐椽；36.连檐；37.瓦口；38.望板

做暗榫（银锭榫）与桁条的卯槽咬合，两侧挖桁椀（反桁椀）。

根据扒梁的方向不同，与顺梁方向一样的扒梁称为顺扒梁，在庑殿构件中往往使用多层顺扒梁。一端趴在檐桁（正心桁）上，一端搭在九架梁上的扒梁，也就是承托下金桁的扒梁称为下金扒梁；一端趴在下金桁（或中金桁）上，承托中金桁（或上金桁）的扒梁称为中金扒梁（或上金扒梁），庑殿顶多用这种方法，做出推山。同时在上金桁上安放太平梁雷公柱以承托脊桁的梢端（图 5-8-49）。

第三，抹角梁法。在屋架的边角处，斜放一根与面宽或进深成 45°的斜梁（与角梁成90°），从屋架平面图的位置来看，是斜抹屋角的构件，所以叫做抹角梁。一般抹角梁放在额枋、平板枋上或斗栱上。抹角梁上可以放童柱或井口枋等。庑殿顶的抹角梁上常放交金瓜柱以承搭角桁条，也有层层趴在檩子上的抹角梁，梁头按扒梁做法，但开槽、挖桁椀、做银锭榫均须按45°抹斜进行画线。

第四，递角梁法。在转角房中往往利用转角檐柱与金柱，水平安放 45° 斜梁。由于其位置很似角梁的水平投影，其作用是将里外角柱连接在一起，并将屋顶荷重传递下来，所以把这种斜梁叫做递角梁。这种梁的做法与正身梁架做法一样，只是在长度上是三角形的弦，故用计算长度术语“方五斜七”（即等于正身梁长乘 1.41）。

（2）柱子制做：首先选料截料，长度按设计尺寸加出榫尺寸(馒头榫与管脚榫)，弹中线、迎头十字线，放八卦线（柱径超过一尺的要把八角线变为十六角形），做收分（柱高一丈径一尺收一分，超过一丈的收八分），有侧脚的柱子要弹升线。然后划活，把已过好的丈杆放在中线上，按丈杆点出柱高馒头榫、管脚榫、枋子口和各梁枋眼。搭尺寸（画垂线时）有升线者，按升线做垂直线，无升线者按中线搭尺。画大小额枋、由额垫板时均按中线，锯柱根时要在三个方向下锯，所以术语中有“一锯柁、二锯檩、三锯柱子立得稳”。柱子做好后，在柱根四面剔出撬眼（为安装时入撬棍拨动用）。柱头擦楞（早期柱头做卷杀）。方柱均为梅花柱，因在柱子的四角做出梅花线。小式山柱除凿眼外，还要在柱头上挖做檩椀。

做大小额枋时，要按柱皮到柱皮（按柱径的 $\frac{1}{4}\times 2=\frac{1}{2}$柱径）划线截料，在房屋两端大额枋的尽端应加霸王拳（从角柱中加出一个柱径）。木料截好后刮光，在上下面弹中线、楞线，两侧面的上下两端弹棱线，然后在额枋两端划缠腰线、肩膀线与银锭榫倒楞，做榫卯，并把霸王拳镂出来。

各种枋子（包括正心枋、里外曳枋、挑檐枋、平板枋）、桁条等都是预制构件，在预制时注意以下五点：

第一，注意按面宽。连接时按成品尺寸加出扣榫，如桁条平板枋的扣榫为其直径的 3/10。

第二，注意入榫。如枋子与挑尖梁相交时，要把枋子入在梁侧的槽眼内（深为枋子高的1/2），所以在做枋子时应加出这个尺寸。

第三，注意搭勾。房屋两梢的搭交枋子，要加出头尺寸，如平板枋的出头从角柱中加出一个柱径、截料、挑檐桁与挑檐枋的出头，从角柱中加上出挑的曳架尺寸，再加上桁径的 1.5 倍，才是挑檐桁与挑檐枋的梢头，搭交檩、枋要做出刻半榫。与角梁搭交的桁条要做出腰子，使两个桁条与角梁合槽，做法是把搭交处从水平方向把桁径分为四分，去掉两分，留中间的两分；从垂直方向把檩径分为三分，各留一分做出扣榫以放角梁。

第四，预制构件时要考虑安装时的便利，因此在每个构件上都画着中线、升线(侧脚)、构件位置(如故宫太和殿左三缝前童柱)。在写位置时也有一定的地方，如柱子都写在里面，这样柱子的部位与方向就确定了。梁枋的位置都写在它上面的中间，写方向都站在梁枋的两端（面向梁枋中），所以大木构件虽然很多，由于有了统一名称和统一写法，所以安装时的方向部位不会紊乱。

总之，一切大木构件、斗栱以及承椽枋与踩步金的椽窝都是事先做好的预制构件。在明清营建故宫时，崇文门内台基厂为大木构件的预制场，北海大小石作为石材加工场，鼓楼方砖场为磨砖对缝的加工场，沙滩银闸为白灰加工场。这种构件由工场预制加工的施工方法，是建筑施工的成功经验。

第五，立架上梁。大木构件的预制工序完成后，即将制好的构件运到现场进行立架上梁工序，这时基础工程已做好。上梁前须将起重架木准备好。古代的起重多是杠杆的办法，即运用加长力臂的办法起吊笨重的构件，同时利用杠杆的办法改变作用力的方向，使工人站在地上向下拉，比站在架木上向上提方便得多，还可以用很多人来拉大绳。在吊装大料时，要用几杆秤进行起吊，在高大建筑物上料时，由于秤的臂高有限，往往在起吊后用接力秤使其继续上升，一直到需要的高度，然后落位入榫。

立架的第一道工序是立柱，立柱时要从明间里排柱子开始，使柱脚中线与柱础中线对准，随即吊装梁以下的各种枋子（额枋、间枋、随梁枋等），在枋子榫落槽时，如需微转柱身，可用撬棍插入柱根的撬眼，然后按升线吊垂线拨正大木，拨好后再用丈杆与垂线核对后绑迎门戗与罗门戗

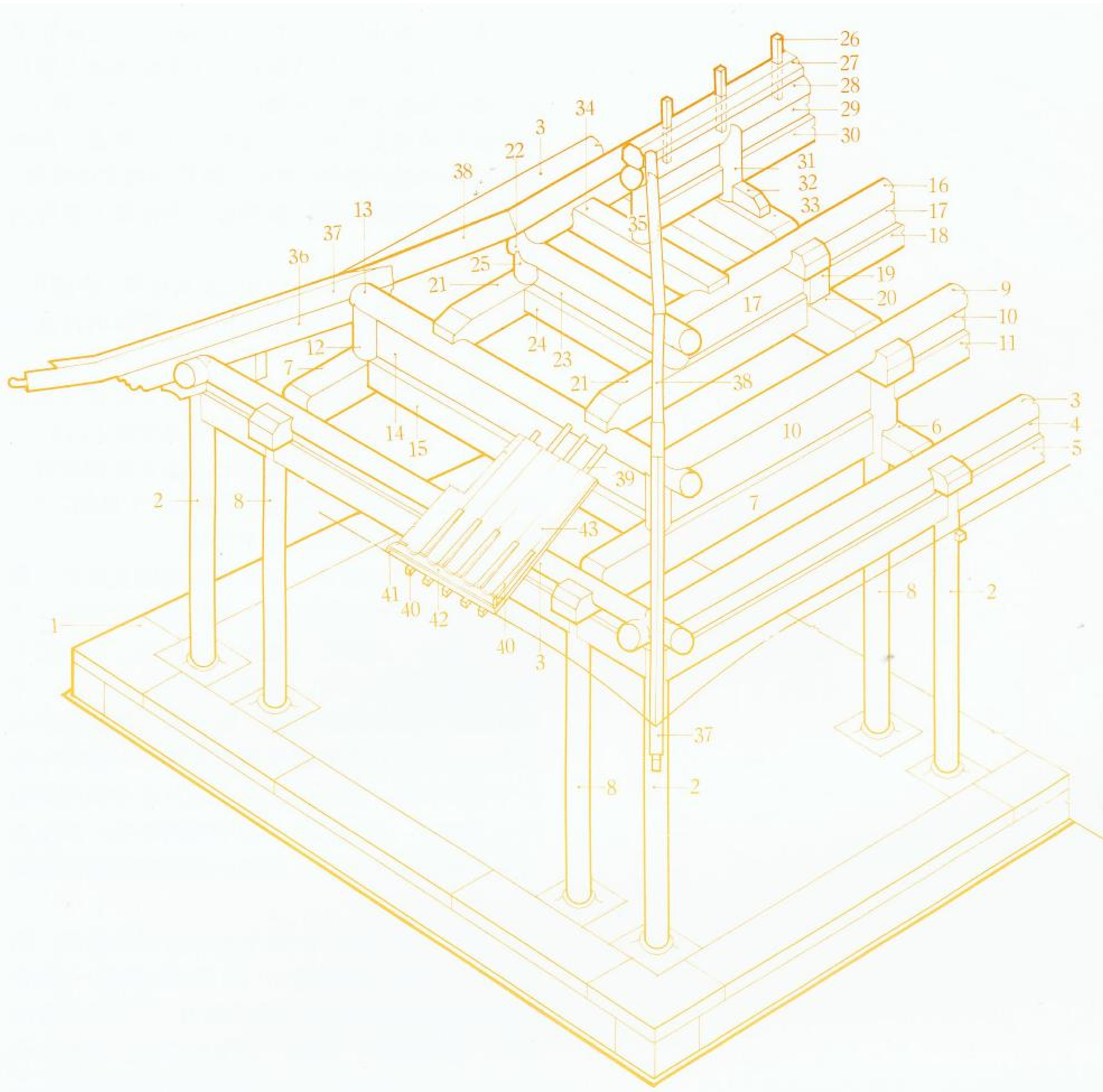


图5-8-49　清式庑殿木构架

1.台基；2.檐柱；3.檐檩；4.檐垫板；5.檐枋；6.抱头梁；7.下顺扒梁；8.金柱；9.下金檩；10.下金垫板；11.下金枋；12.下交金瓜柱；13.两山下金檩；14.两山下金垫板；15.两山下金枋；16.上金檩；17.上金垫板；18.上金枋；19.柁墩；20.五架梁；21.上顺扒梁；22.两山上金檩；23.两山上金垫板；24.两山上金枋；25.上交金瓜柱；26.脊桁；27.扶脊木；28.脊檩；29.脊垫板；30.脊枋；31.脊瓜柱；32.角背；33.三架梁；34.太平梁；35.雷公柱；36.老角梁；37.仔角梁；38.由戗；39.檐椽；40.飞檐椽；41.连檐；42.瓦口；43.望板

（十字戗），便可使纵横榫卯落位。额枋上好后，安装平板枋、摆斗栱、上大梁，然后安装廊步的穿插与柱枋。明代及其以前的建筑，在安装梁枋前应先装雀替与丁头栱等（因为柱子两侧的雀替是联通的，必须从柱子上端的沟槽向下装，清代的雀替改为插榫，属于装修工程，多为后装）。

由于上梁是立架中的主要工序，是检验预制构件的组装成果，也是检验瓦、木、石工的配合成果（梁枋中线与柱顶石的中线对正），又是木工起重的精彩表演。所以，在古代建筑上梁时是一道重要工序，常举行一些仪式。

一般小式硬山顶的房屋，上梁方法与大式不同，无须上一间拨正一间，可以把所有柱、枋、梁、檩上好后再拨正。大式的木架必须上一间拨一间，否则就拨不动了。在庑殿、歇山顶正心身上梁后还有很艰巨的工作，如扒梁踩步金、角梁及翘飞的安装，必须尺寸精确。

以上所举，为北方大式木架施工方法。各地木工技术都有自己的独特方法、术语，然同为木构架，其基本规则是相似的。

第九节　木装修技术

木装修分为外檐装修与内檐装修。前者包括建筑物外围的门、窗、栏杆等，后者包括建筑物室内的天花、藻井、木隔断等。

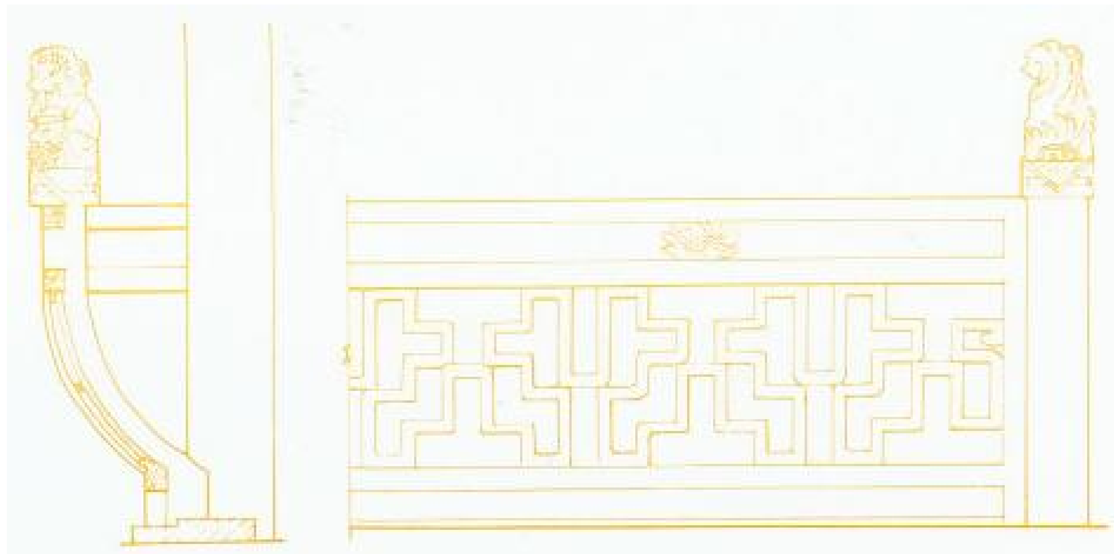
内外檐装修，最早都是从实际用途出发而设的。门用板，制作简便，又可分隔室内外；窗开洞，即可采光、通风，又可外窥；简单的几根横木栏杆足以防止登高时坠落的危险。随着对建筑质量要求的不断提高，门窗、栏杆（图5－9－1）、天花、隔断等的艺术加工也越为精美，故这些物件被称为装修（或装折）。

在唐末或五代出现了格子门窗，这是外檐装修发展中一个变化较大的时期。在此以前，板门、直棂窗是最通用的式样。采用格子门窗以后，不仅增加了室内采光面积，更重要的是对整体建筑外观的影响，殿堂的华丽壮观，居室的雅素淡洁，都和它们的门窗格子的花饰题材、棂条的繁简有着密切的关联。

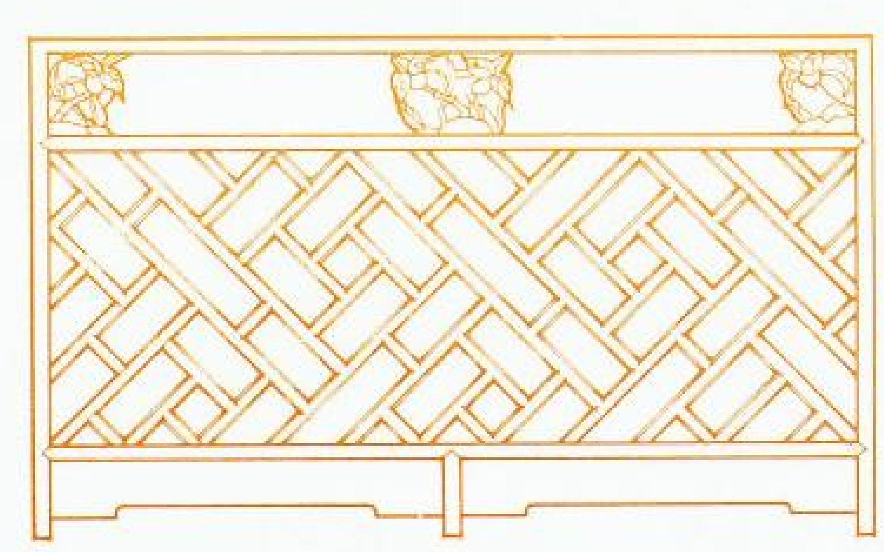
装修的制作，由于它的艺术要求很高，逐步从制作普通木构件的大木作中分出另一个专行，称为小木作（除装修外，连同屏风、靠椅、牌、匾及佛寺中的佛道帐、壁藏等都归入小木作内）。最迟在宋代小木作已成为一个专行。现存实物也可证明，这一时期的装修制作是相当细致的。明清时期更加精巧，《园冶》中就曾提出“凡造作难于装修”，又说格子门窗中各种棂条的搭交应是“嵌不窥丝”，其精细程度可想而知。不论是内檐装修还是外檐装修，连同室内的家具，对于它们的式样、雕花、色彩等都作统一考虑，适当安排，以取得协调的效果。

在封建社会里，装修不仅单纯为了实用、美观，某些构件在发展过程中，逐渐成为封建等级制度的标志，如华丽的藻井（图5－9－2），就被作为封建皇帝至贵的一种象征性构件。《新唐书》卷二十四中明确规定：“王公之居，不施重栱藻井”。又如板门上所用门钉，本来是用以钉牢板后横带而设的，清代就曾做出严格规定，各级官员衙署、宅第的大门所用门钉数目，不得僭越。

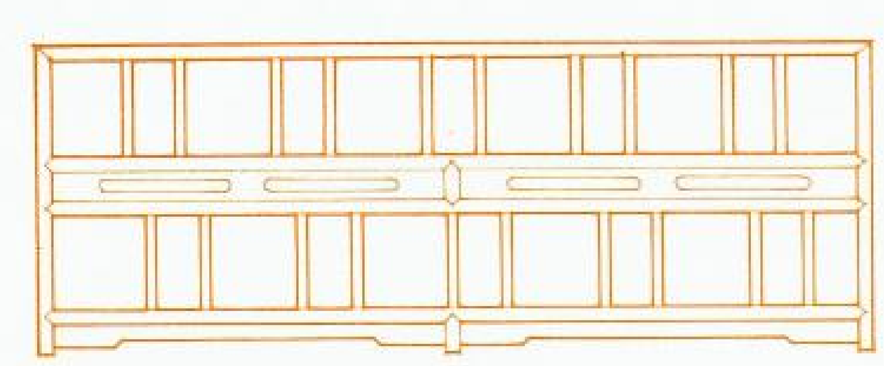
装修的种类、技巧，是我国古代建筑中极为丰富多彩的一项成就。现只撮其大要，简述于下。



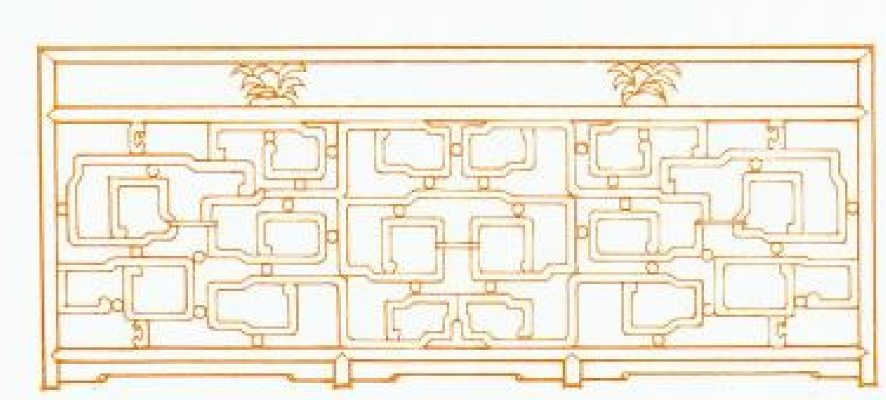
（1）狮子林美人靠



（2）狮子林斗纹



（3）网师园二仙传桃



（4）留园葵式乱纹

图5-9-1　苏州园林木栏杆样式

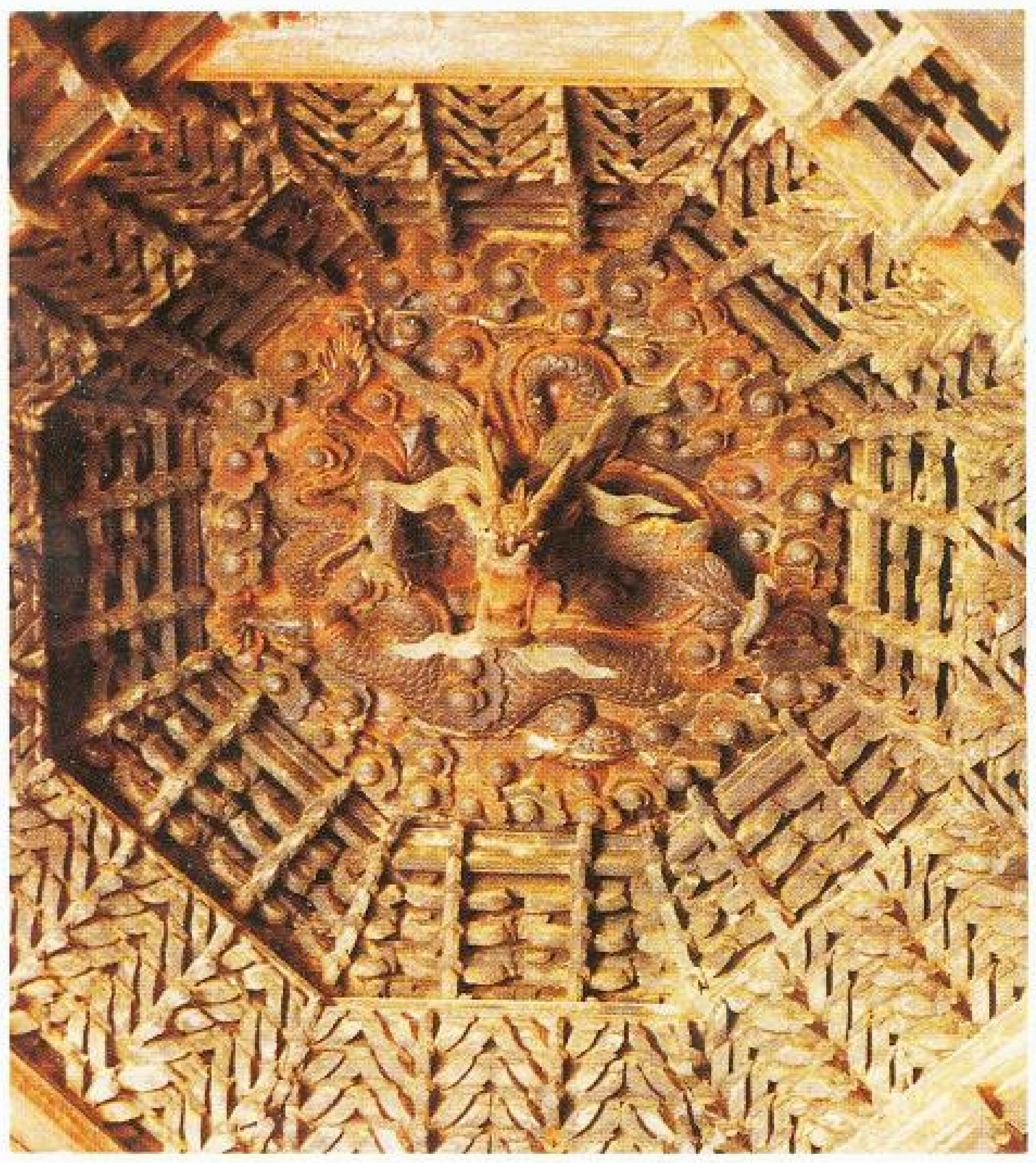


图5-9-2　河南登封中嶽庙大殿内藻井

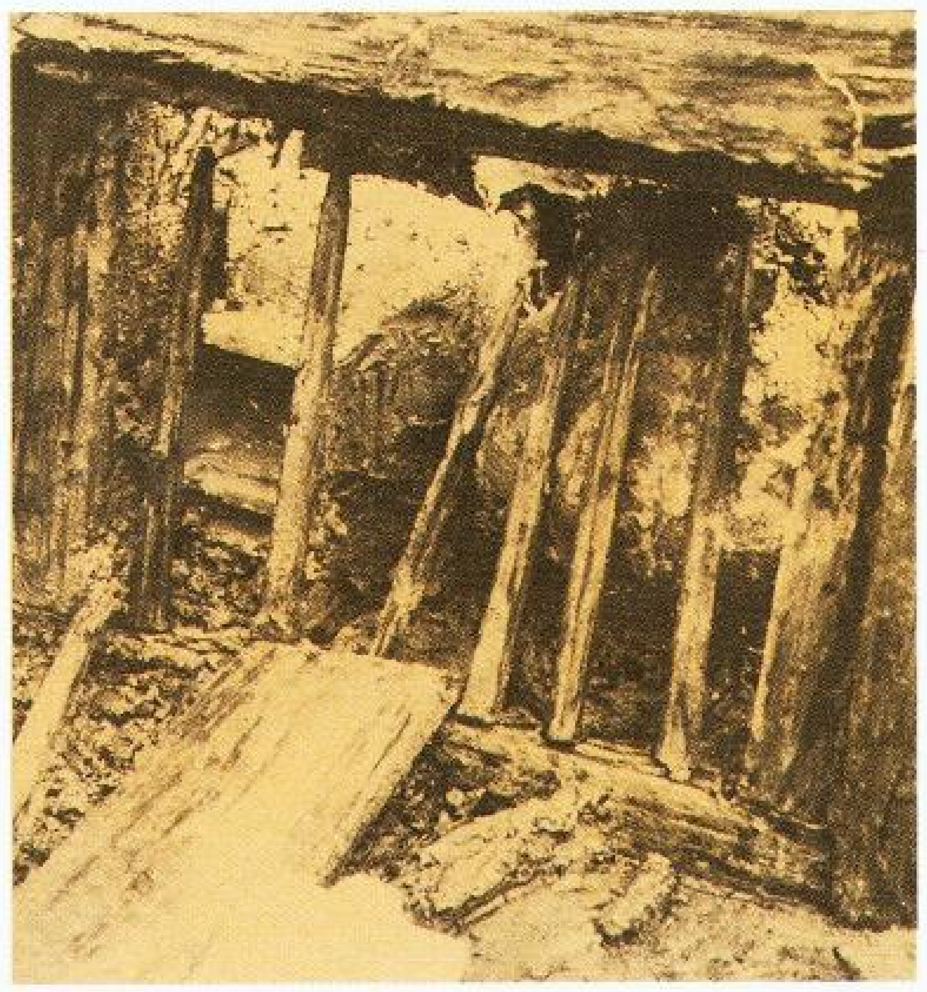


图5-9-3　（1）广州西汉墓室直棂窗

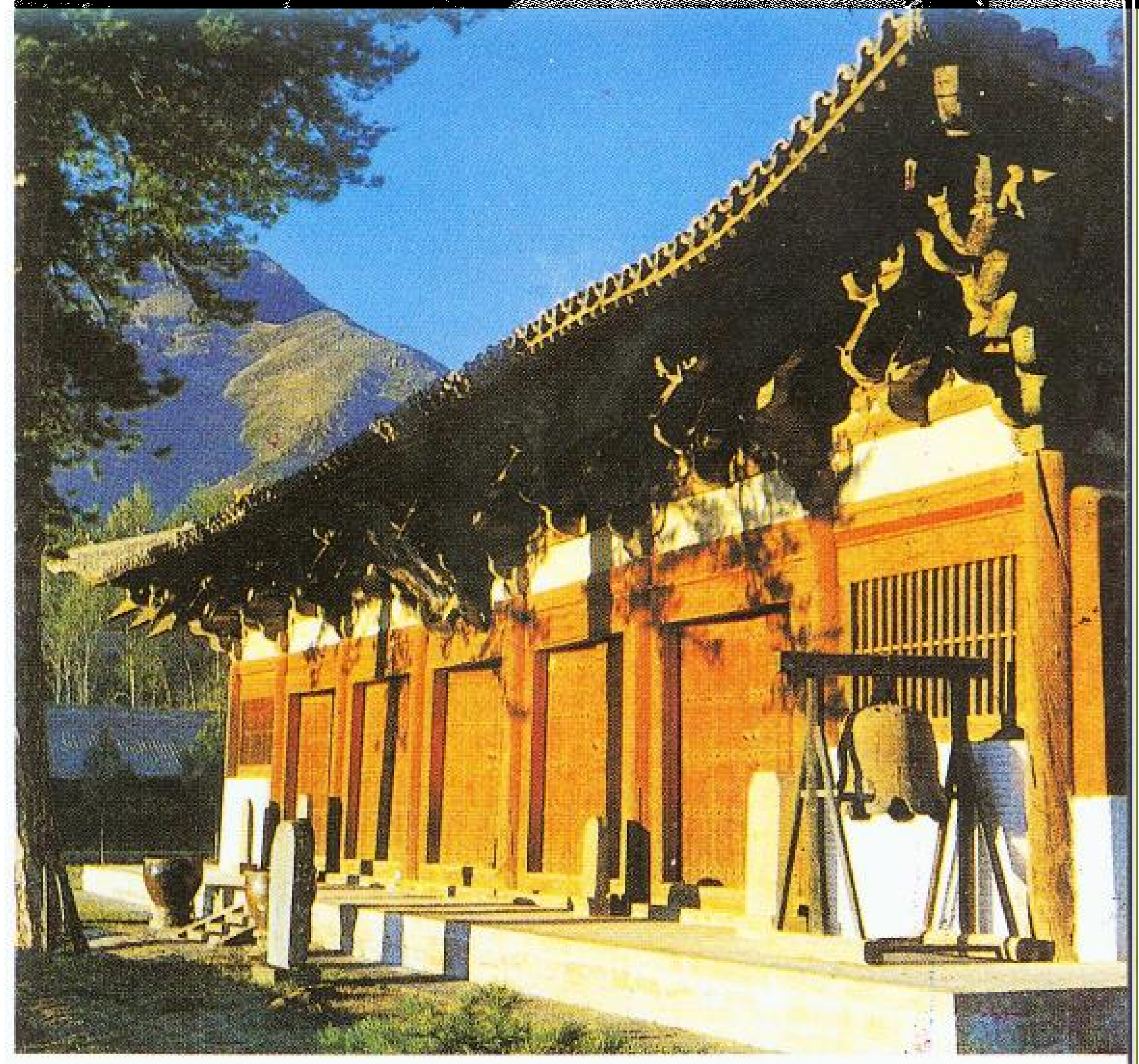


图5-9-5　山西五台山佛光寺东大殿外檐装修

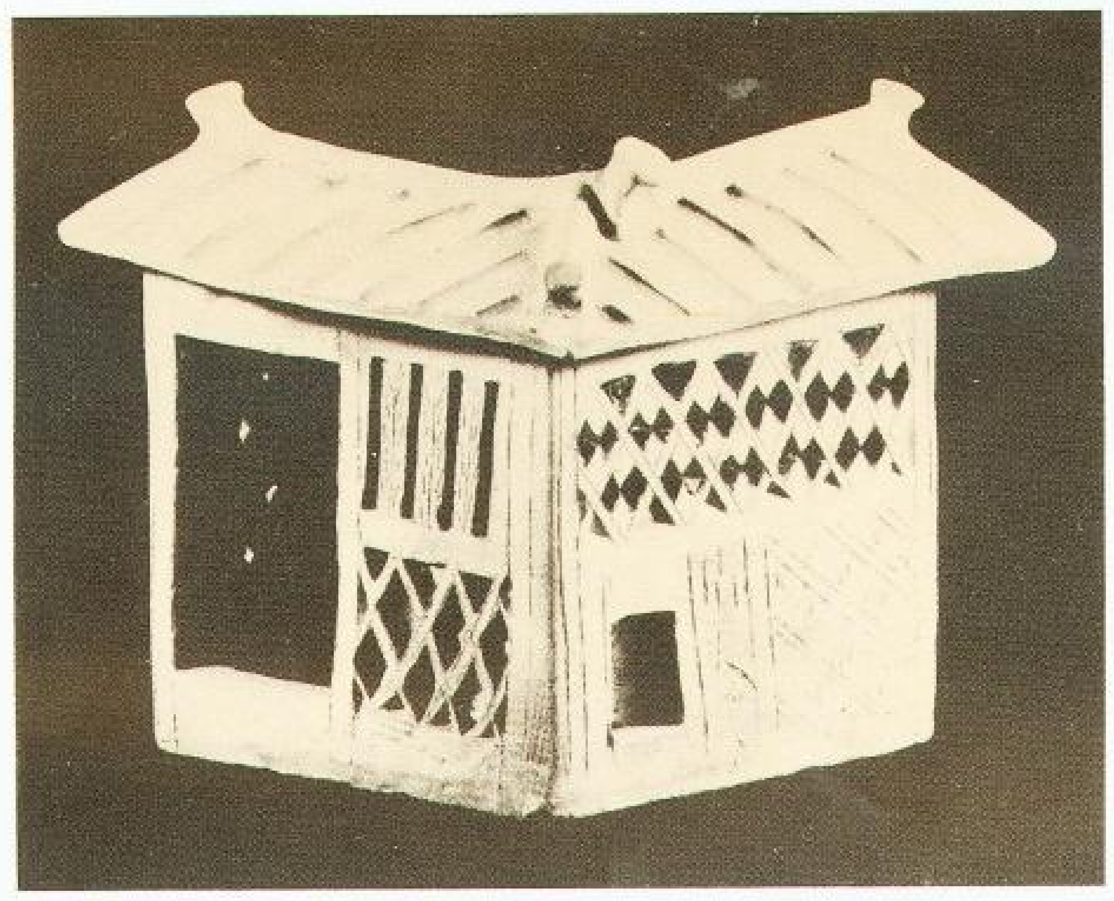


图5-9-3　（2）广州东汉墓出土陶屋

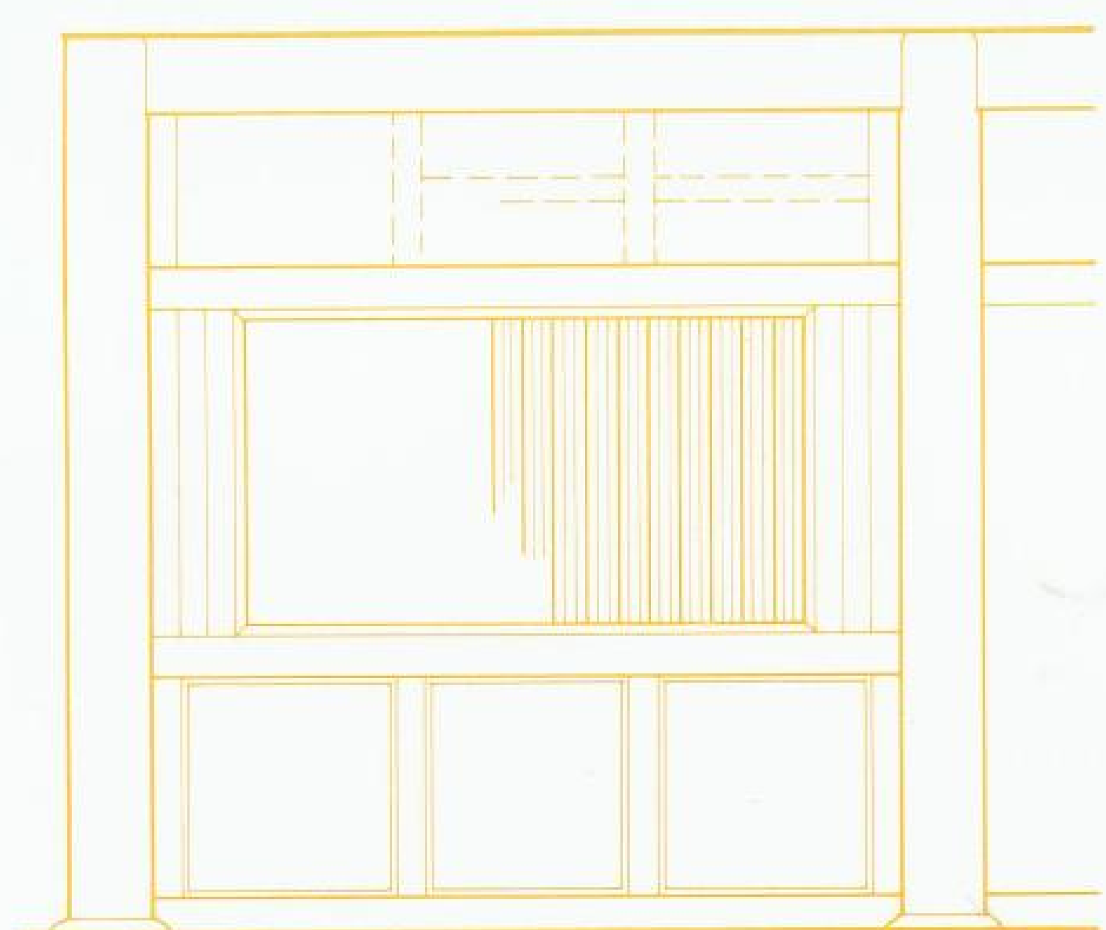


图5-9-4　破子棂窗示意图

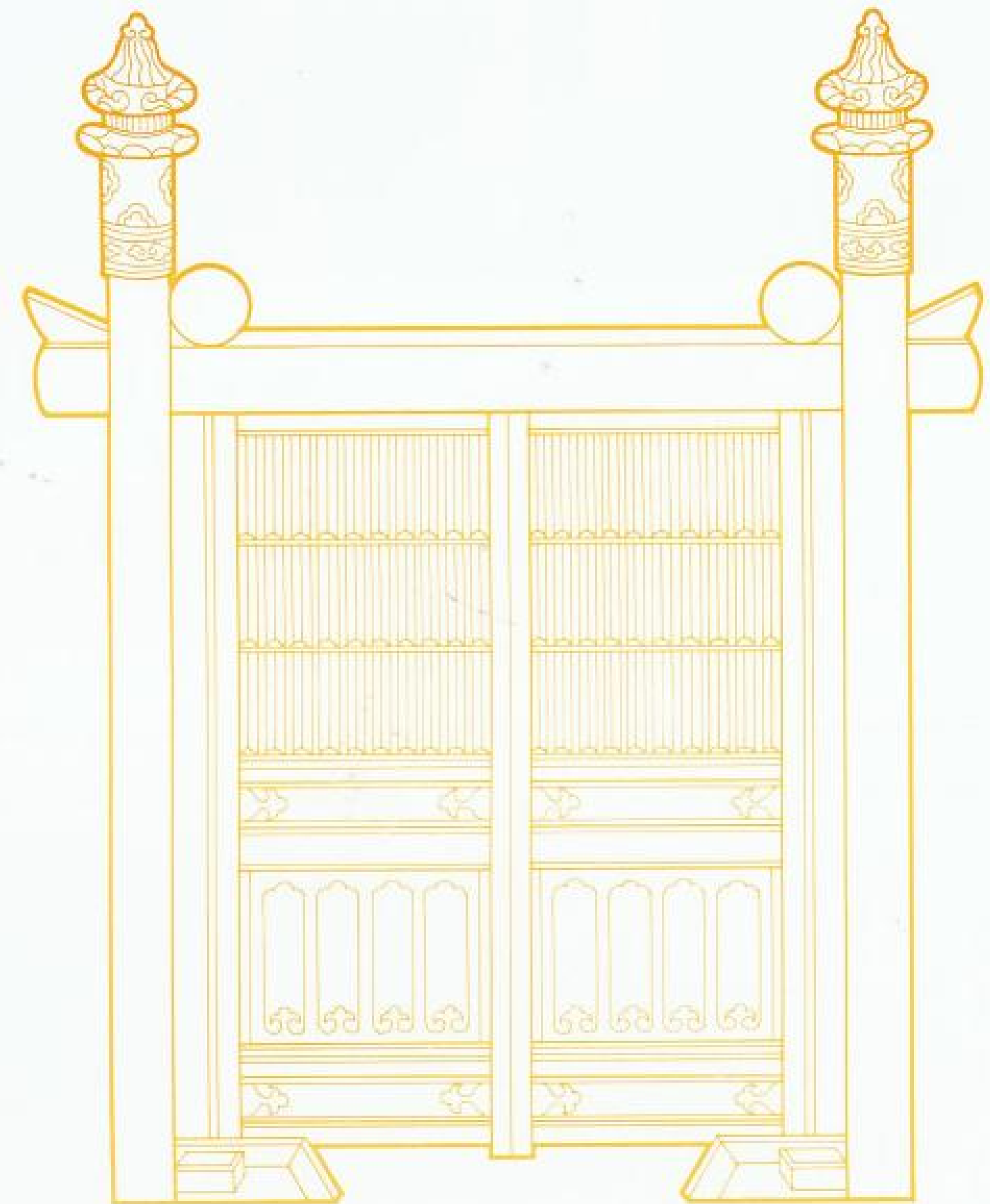


图5-9-6　乌头门

一　外檐装修

外檐装修在我国木构建筑中是灵活多变的部分。《园冶》称为“装折”，含有可以拆卸的意思。

（一）门窗的演变和发展

根据历代文献记载和墓葬出土的文物资料，我们可以看到的门窗，最早不过西汉。当时通用的门是双扇板门和单扇板门，板门上有门楣（上槛），下有门限（下槛）。双扇板门上一般有铺首和门环，有的还用了挂锁的铁拉栓。

在门的一侧或两侧施用窗户。从汉到唐多用直棂窗。在门的上部有的也用了窗，这可能是后期横披窗的前身。汉代陶屋、陶楼、画像石中所示，窗的形状以长方形居多，也有方形、圆形的。窗棂的式样，最多的为斜方格眼，其次为直棂、横棂、网纹、十字交叉等（图５－９－３）。安装窗户的方式，大部分是安在墙中。也有安装在外墙皮的棂窗，应是文献里所称的“交窗”。这是窗洞外面安装的一种风窗。

北魏熙平元年（516 年）在洛阳建造的永宁寺方形九层木塔，《洛阳伽兰记》卷一记载它的构造情况时，有“浮图有四面，面有三户六窗。户皆朱漆，扉上有五行金钉，其十二门二十四扇，合有五千四百枚，复有金环铺首”。说明这座木塔每层每面都装置了门窗，在门扇上用了门钉、铺首和门环。这是门板上施用门钉最早的记载。

魏李宪墓出土的陶屋，其外檐装修式样十分别致，外檐墙面全用板棂安装，两侧各装门一道。板棂下半部是横棂三根，上半部是直棂六根。下半部可能是隋唐以后盛行的窗下做木板壁的前身。

从汉至唐的千余年的岁月中，无论是建筑实物，或是壁画、出土明器、画像砖，还是各种文献记载，都可以看出双扇板门仍然是最通用的门；直棂窗或破子棂窗（图５－９－４）仍然是通用的窗，山西五台佛光寺大殿（857 年）的五间双扇大板门及两间直棂窗，都是与建筑物同时期的遗物（图５－９－５），这是迄今为止已知我国古建筑中最早的木装修实物。这样的门窗式样还可以从陕西乾县唐懿德太子墓（701 年）壁画里看到。

根据《营造法式》小木作制度中有关门窗的记述，可知宋代的门已有板门、乌头门、软门及格门四种。宋代乌头门又名棂星门，其制度在《唐六典》中已予著录，但并没有留下实物。按照记载分析推测，它可能是装置在院墙中间的大门。明清时期孔庙的棂星门，陵墓前的石坊，是其遗制。它的做法只立两根挟门柱，“柱下栽入地内，上施乌头”，不用屋盖。在两柱之间装两扇下有障水板、上有成偶数的棂条（并用承棂串）的门（图５－９－６）。软门是四边做框，“用双腰串或用单腰串”，四边框与腰串之间均装木板的一种门，类似今天新建筑用几道横头的木板门，它可能是板门演变为格门的一种过渡式样，它比板门灵巧，但仍和板门一样存在着不能采光的缺陷。因此，当它还没有普遍推广应用时，便为格门所取代。

《营造法式》中还谈到，用辐（清叫穿带）“合板软门”，实际还是属于板门的类型，与板门不同之处，它用了牙头护缝（压障水板接缝处的板条）。

格门，宋代叫格子门，清代叫隔扇。至迟在唐末五代即已开始应用了。上海博物馆馆藏的五代白釉建筑枕上，四面均装格门。这是现在所知最早的格门式样，比这稍后的实物是河北涞源县阁院寺文殊殿（辽代）的格门（图５－９－７）。《营造法式》卷七格子门项内，有“每间分作四扇（如梢间狭促者只分作二扇），如檐额及梁栿下用



图5-9-7 河北涞源县阁院寺文殊殿格门



图5-9-8 山西朔县崇福寺弥陀殿棂花隔扇

者或分作六扇造，用双腰串（或单腰串造）”。文殊殿内格门以及与《营造法式》成书之年（1100年）上下不过一百多年的几处实物，如河北涿县普寿寺辽塔（1079年）的砖刻格门，山西大同卧虎湾辽墓（1091年）壁画里所见的格门，山西朔县崇福寺弥陀殿（1143年）的格门（图5－9－8），基本上符合《营造法式》的规定。除五代建筑枕格门用了双腰串（清名四抹头）外，其余都是用单腰串（三抹头），不施腰华板（清式叫绦环板）。它的每扇门的体形矮而宽，可以明显看出它们和板门之间的发展关系，不象明清时期的格门已经是高而窄了。山西孝义县下吐京金墓（1197年）砖雕四扇格门已用了三腰串（五抹头），超出了《营造法式》的规定。

阁院寺文殊殿前檐三开间与崇福寺前檐五开间，每间都装四扇格门，但只有中间两扇是可以开关的门，两侧均为死扇，尺度也窄于中间的两扇，如同板门两侧的余塞板（宋名泥道板），但和余塞板不同的是，它增加了建筑物的采光面积，起到了窗户的作用，而且在外观上取得了与格门一样的艺术效果。

关于格门的格心式样，《营造法式》只有四斜球纹格眼（图5－9－9），四直方格眼等有限的几种，但在早期的实物中式样却丰富得多。五代的建筑枕格门的格心就有斜方格眼、龟背纹和十字纹三种；文殊殿格门的格心虽然多数是斜方格眼（怀疑是后期重装），但在西次间东侧格门的格心却是正斜三交的棂花，制作规矩，外观轻巧古朴（图5－9－10），应是辽代的原作。崇福寺弥陀殿



图5-9-9 宋式四斜毬纹格子门



图5-9-10 河北涞源县阁院寺文殊殿格心棂花

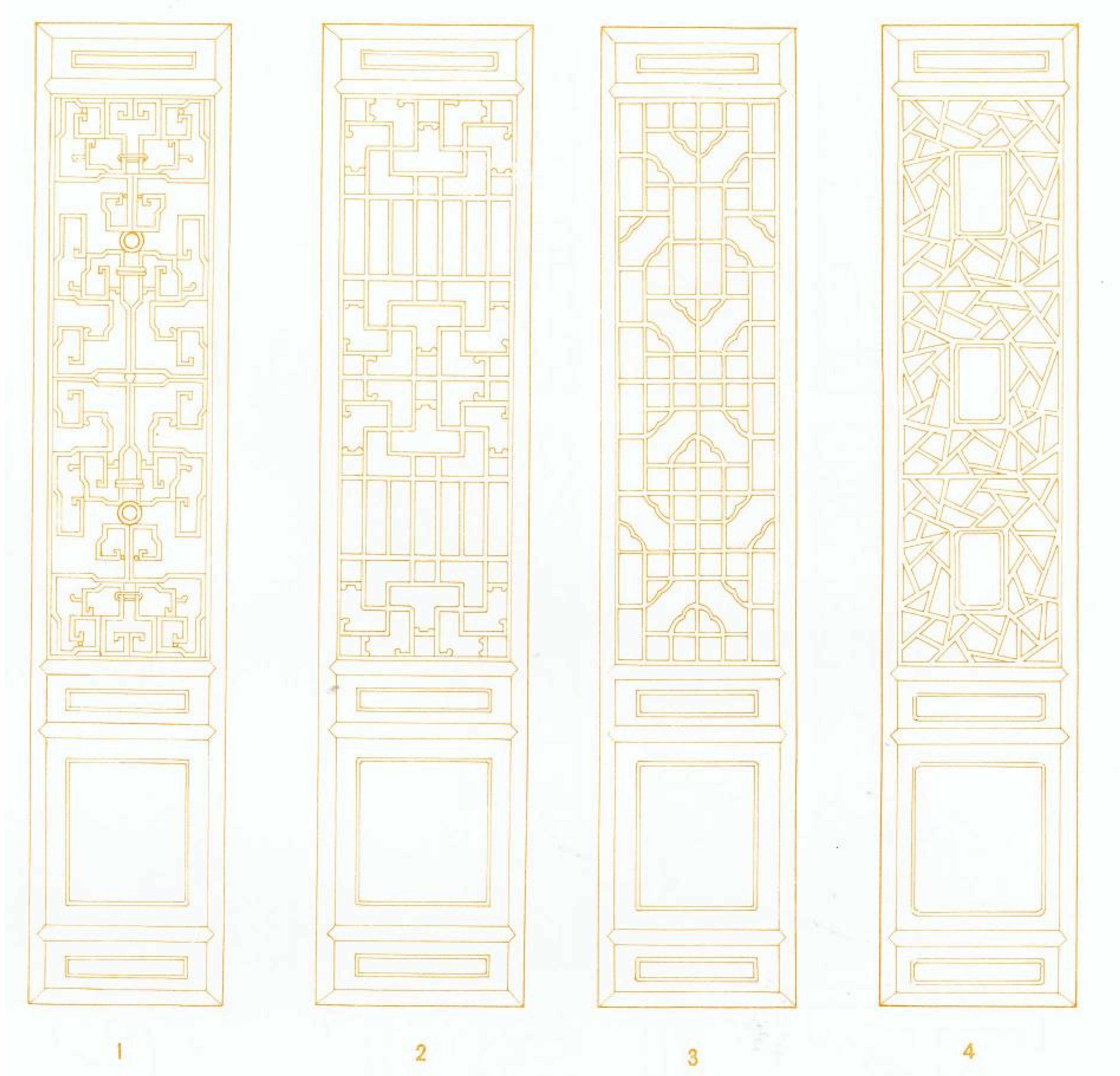


图5-9-13　苏州园林建筑中的槅扇

（1）怡园长窗——整纹川如意心；（2）怡园长窗——青条川万字纹；（3）怡园槅扇——井字嵌凌纹；（4）拙政园槅扇——冰纹嵌玻璃

的金代格门以及山西侯马金墓、河南洛阳宋墓等砖雕格门，其式样极为丰富，计有菱花、球纹变体、柿蒂纹、簇纹填华、龟纹十字锦、亚字勾交、卍字纹、拐字纹等数十种。

格门的障板做法，五代建筑枕格门是中间加心柱的壶门；大同卧虎湾辽墓壁画、涿县普寿寺砖塔及陀弥殿等处格门所见的障水板如出一辙，都是用了垂直的"护板条"，这可能就是《营造法式》多次提到的"牙头护缝"。

金墓砖雕格门的障水板，大都雕有精美的图案，题材是牡丹、芍药、菊、莲、葵花等花卉及各种人物故事，由此可知金代木构建筑的格门已达到何等精致的程度。

辽、宋、金、元时期的窗，仍以破子棂窗和板棂窗为主要型式。虽然在《营造法式》中介绍了破子棂窗、睒电窗（图 5－9－11），板棂窗及阑槛钩窗四种，但是睒电窗并没有实物留存下来。至于阑槛钩窗，是外施阑槛，内装格门式的槛窗而已，当时还应用得不普遍。值得一提的是，这一时期凡用格门的建筑，较多地用了横披窗。阁院寺文殊殿、崇福寺弥陀殿以及解放前已毁掉的易县开元寺，这三处的格门之上都施用横披窗（图 5－9－12）。尤其是前两处的横披窗，它们在时间上虽然相隔近二百年，但仍是同时代相互媲美的姊妹作，是我国早期建筑外檐装修中极宝贵的精品。它们的共同特点是，式样富于变化，棂花各有六、七种之多。在安排上虚实结合，既有重点，又有对称，每一扇都制作得精致规整，一丝不苟，明显地反映出辽金时代的小木作技术已经达到了相当精细纯熟的水平。

木装修在明代进一步趋向工整和细致，所用花纹式样更加灵活多样。至清代因受官式工程做法的制约，以致北京等地区大型建筑中的门窗等基本上规格化和定型化，缺乏变化创新。但在其他地区的寺庙、府第和民居中，类型较前期增多，花样也更加丰富多彩（图5－9－13）。比较讲究的建筑常用窗棂子组成各种图案，有直棂条纹，曲棂条纹，冰裂纹等等，还有采用种类很多的棂花小木构件，构成多变的窗扇纹样，使装饰趣味更浓，阶赋于建筑的艺术效果也比较灵活（图 5－9－14）。

明清时期的宫殿、寺庙及府第中，较普遍地应用了格门。洪洞广胜上寺毗卢殿弘治年间的格门，制作优美，是明代的代表作。

清代官式建筑中的格门，其格心以菱花为主（图 5－9－15），其他地区的寺庙建筑，多用正、斜方格眼，用菱花较少。一般府第民居中比较自由随意，多数是用平棂组合成各种几何图案，讲究的整个格心满雕复杂的内容，有飞凤、花鸟及故事人物等，简直是一种优美生动的木雕工艺品。在山西晋城、高平，云南大理、剑川以及江浙的不少民居中都可以看到实例（图 5－9－16）。

板门在这一时期主要用于宫殿、寺庙及府第民居中的入口处大门上，此外还出现了屏门、风门等多种型式的门。

这时期的窗户，破子棂窗已不多用，直棂窗也只用在仓库、磨房等次要建筑上。槛窗和支摘窗是通用的型式。

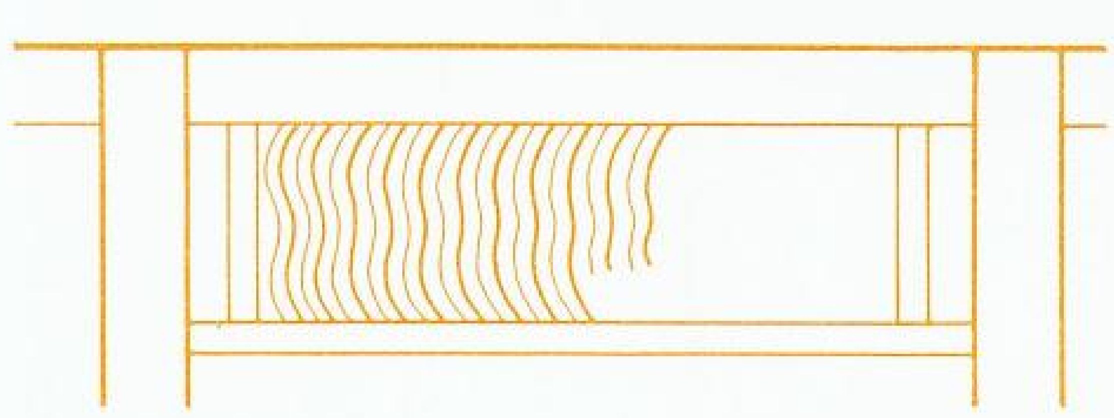


图5-9-11　睒电窗示意图

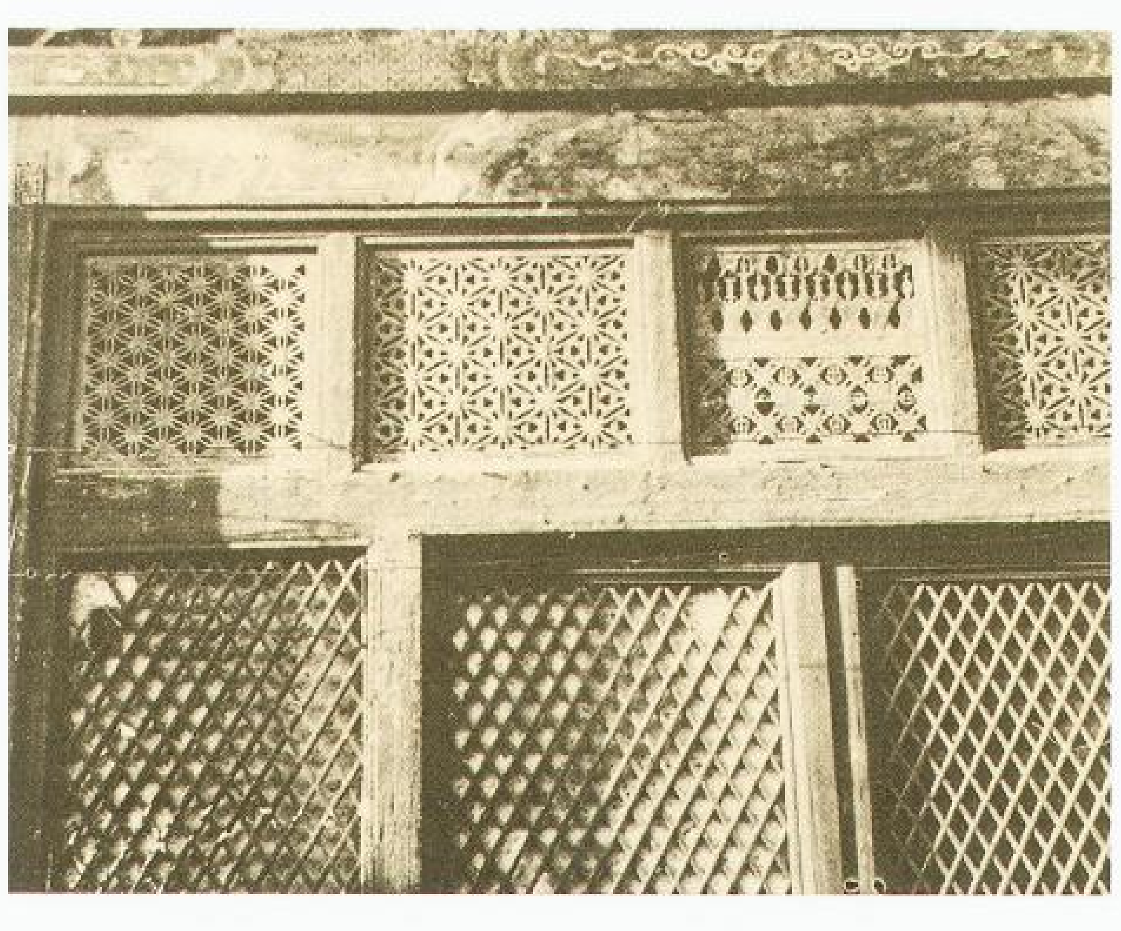


图5-9-12　河北涞源县阁院寺文殊殿横披窗

（二）门窗的做法及安装

我国木构建筑的门窗，一般是在建筑物的柱枋之间安装的。在外檐柱之间的叫做"檐里安装"；在廊子里面金柱（老檐柱）之间的叫做"金里安装"。

安装门窗，须先在各槽柱枋之间装置能承受门窗的槛框，因其所处位置的不同而有各种名称，如下槛、中槛、上槛、风槛、榻板、抱框、间柱等。在两柱之间紧贴地面的横木是下槛（宋名地栿，俗名门限、地脚枋）；上接檐枋或金枋的横木是上槛（宋名额）；水平安于槛墙上的木板叫榻板，在这上面的横木叫风槛（宋名腰串），紧靠柱子的立木叫抱框或抱柱（宋名樽柱或立颊），较大的开间如作分间用的立木叫间柱。上下槛（风槛）与抱框之间形成的空档，就是安装门窗的部位。如果上下槛之间尺度过大，在中间另加一根横木是中槛，又名挂空槛。上槛与中槛之间如用窗就叫横披窗，如用板就叫走马板（宋名障日板）。

各种槛框一般都是用 8 —20 厘米厚的大方子斫作，其断面尺寸，《营造法式》和《工程做法》中均有规定。前者是以门高作为准绳，后者则以靠近装修的柱子直径的大小而定。

佛光寺大殿唐代大板门所用的槛框，从表面

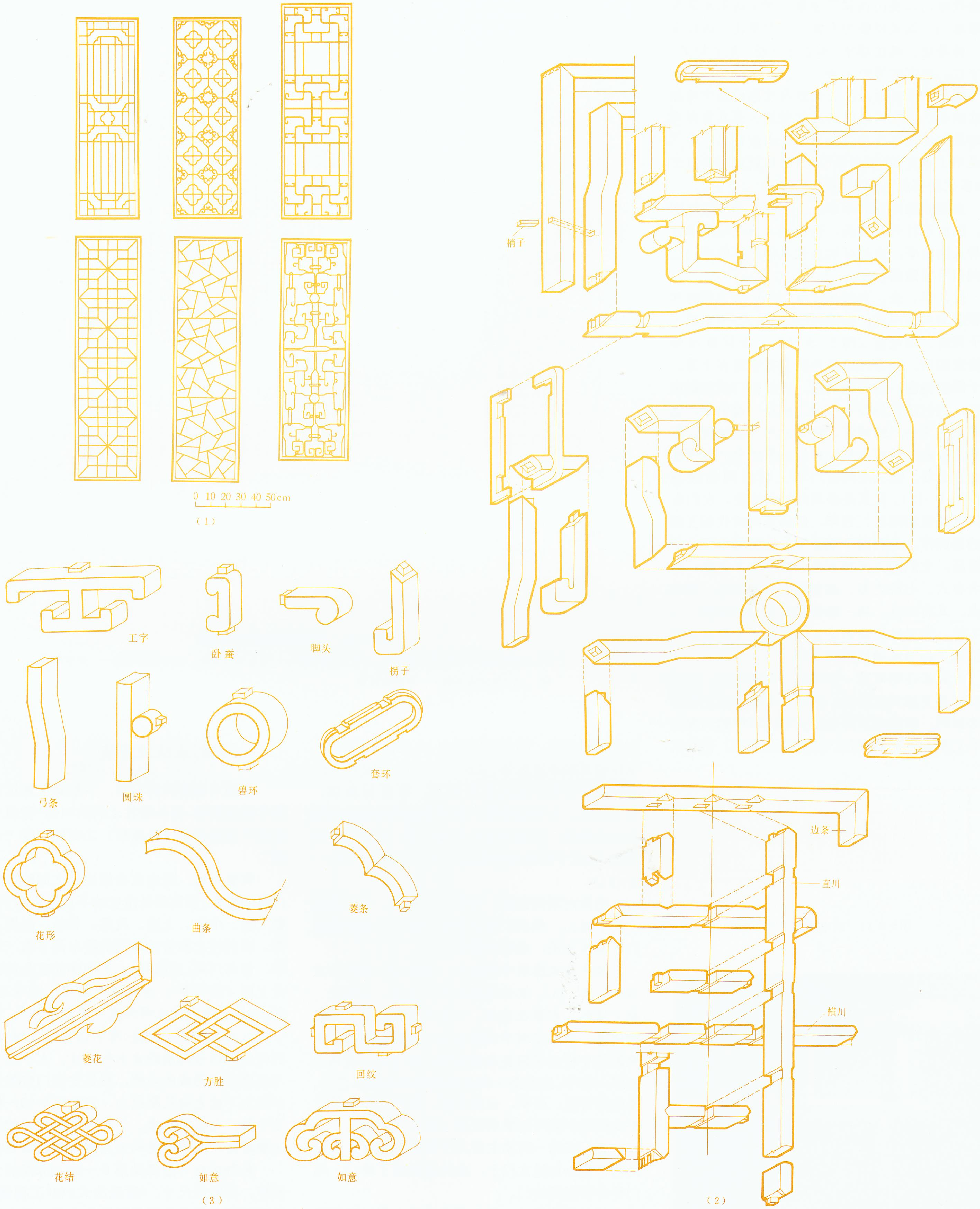


图5-9-14　窗扇

(1)窗棂式样；(2)窗棂子（心仔）分解图；(3)棂花分件图

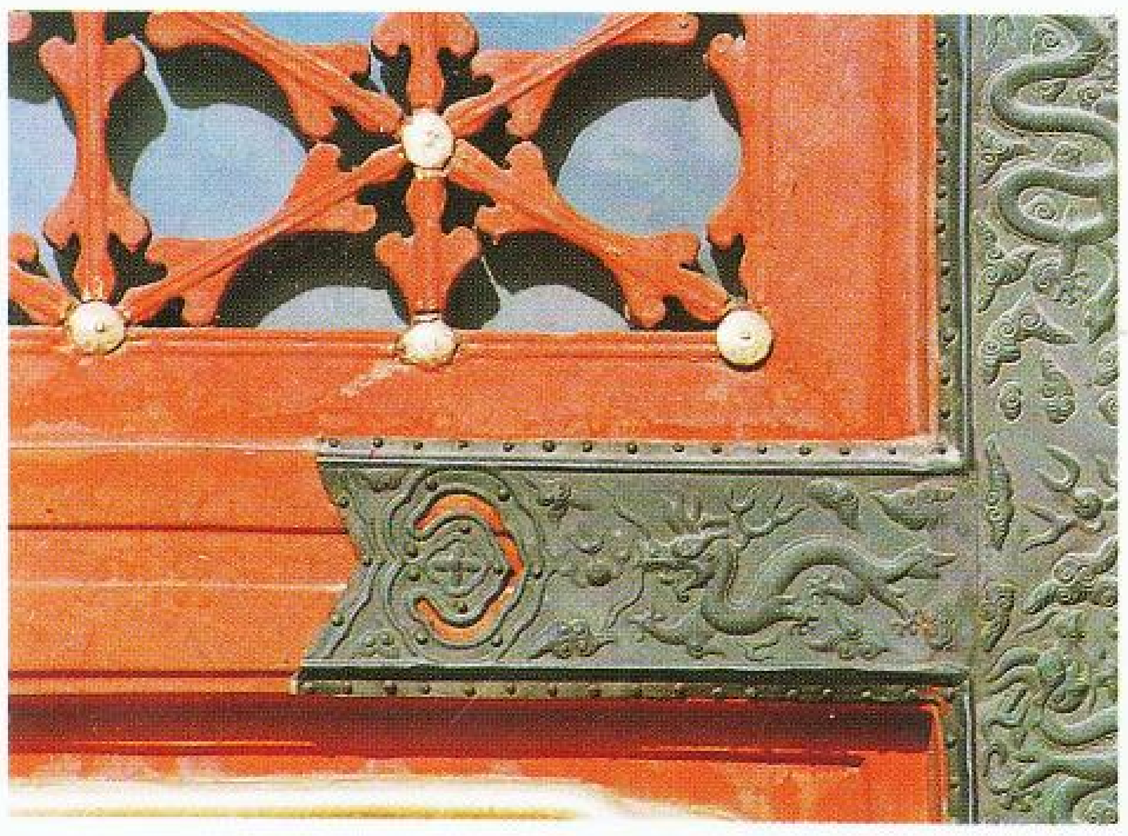


图5-9-15 北京故宫中和殿槅扇门

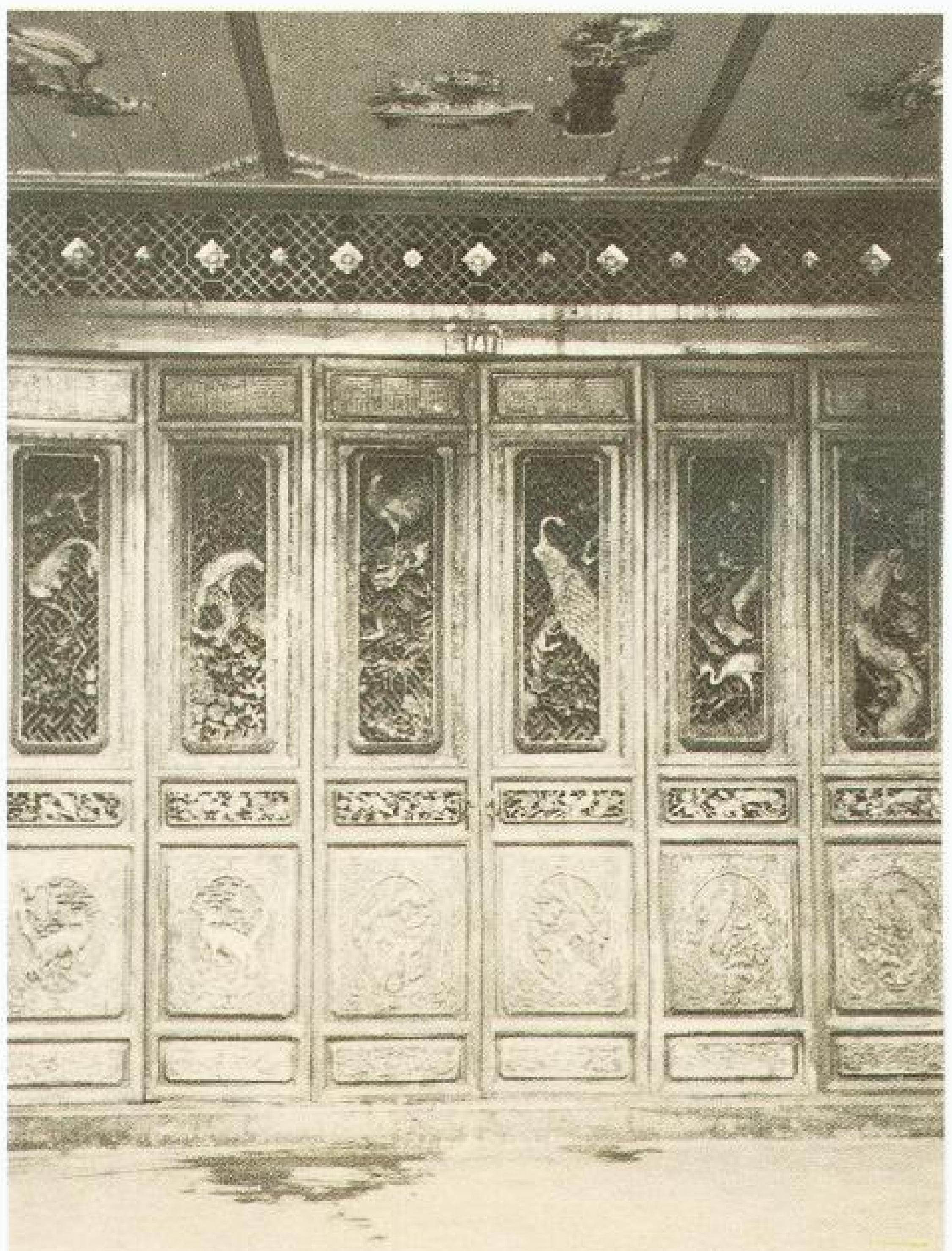


图5-9-16 云南大理白族建筑的槅扇

看去硕大，其断面：上槛是50×20厘米，下槛是31×24厘米，抱框是40×24厘米。经过勘察，发现这些槛框并不是一根整料所作，而是各用三块厚木板拼成象凹形的断面，空心部分用梢木支撑（图5－9－17），装置时豁口靠着柱子或阑额。这种少见的做法优点是：外表上与粗壮的柱额斗栱等构件相适应，在不影响受力的情况下，节省了大断面的木料，这是一种创造。

槛框及门窗本身的边挺、抹头乃至棂条等，一般都有各种线脚。早期的实物因木材年久干裂收缩，大多看不出来，金代建筑佛光寺文殊殿和崇福寺弥陀殿的门框（立颊）和上槛（门额）等都有线脚。《营造法式》对格门的边挺、抹头的线脚总结了六种（图5－9－18）：四混中心出双线入混内出单线（或混内不出线）；破瓣双混平地出双线（或单混出单线）；通混出双线（或单线）；通混压边线；素通混；方直破瓣（或撺尖或叉瓣造）。除第一种，其余五种都可以从实物中看到，以三、四、六种用得最多。北京故宫建筑中多用第三种。在各地的实物中，所用的线脚远远超过了这六种。

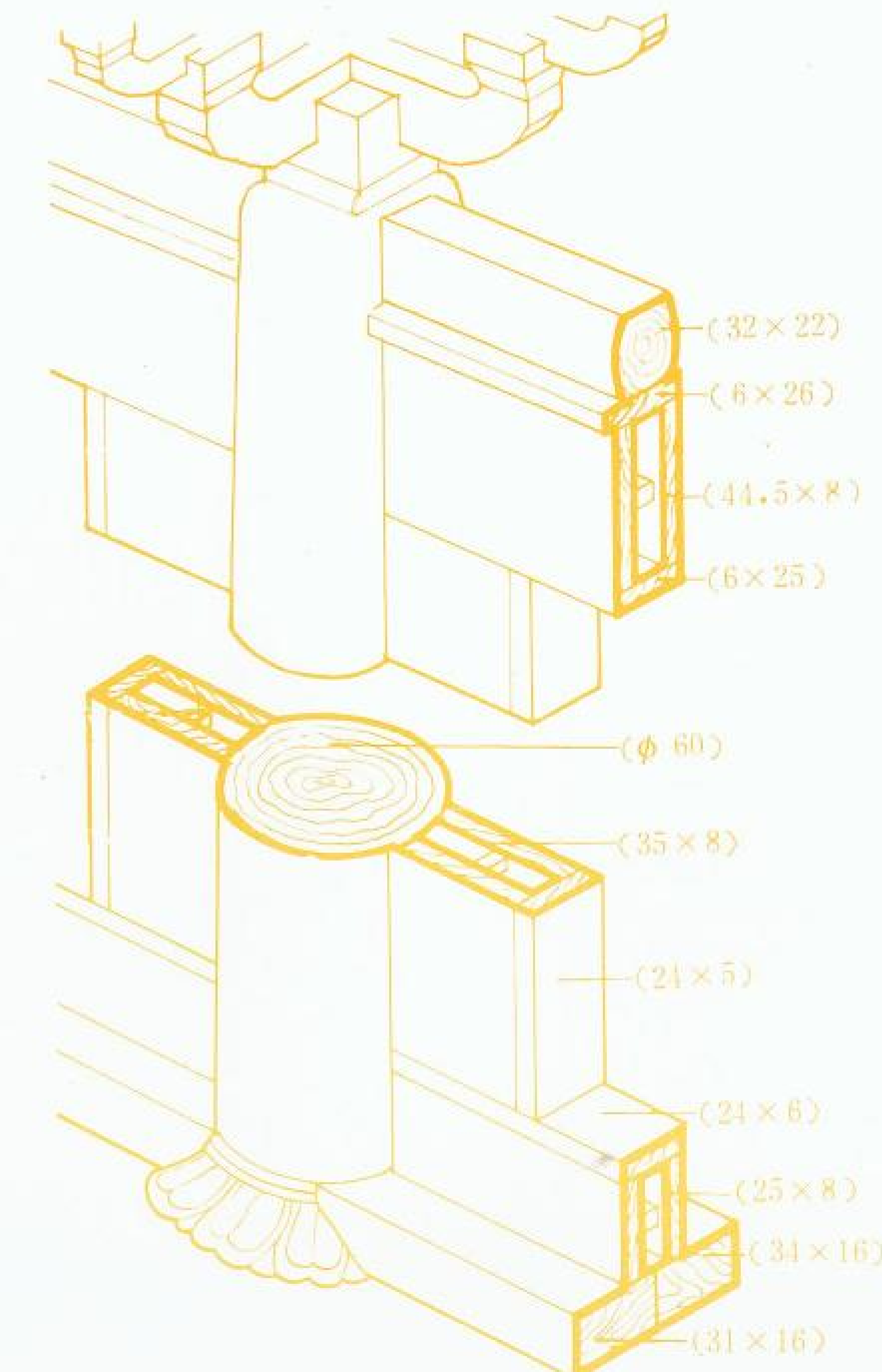


图5-9-17 山西五台山佛光寺东大殿板门槛框做法

1.斗栱；2.额枋；3.槫柱颊；4.梢木5.下槛；6.地栿；7.柱础

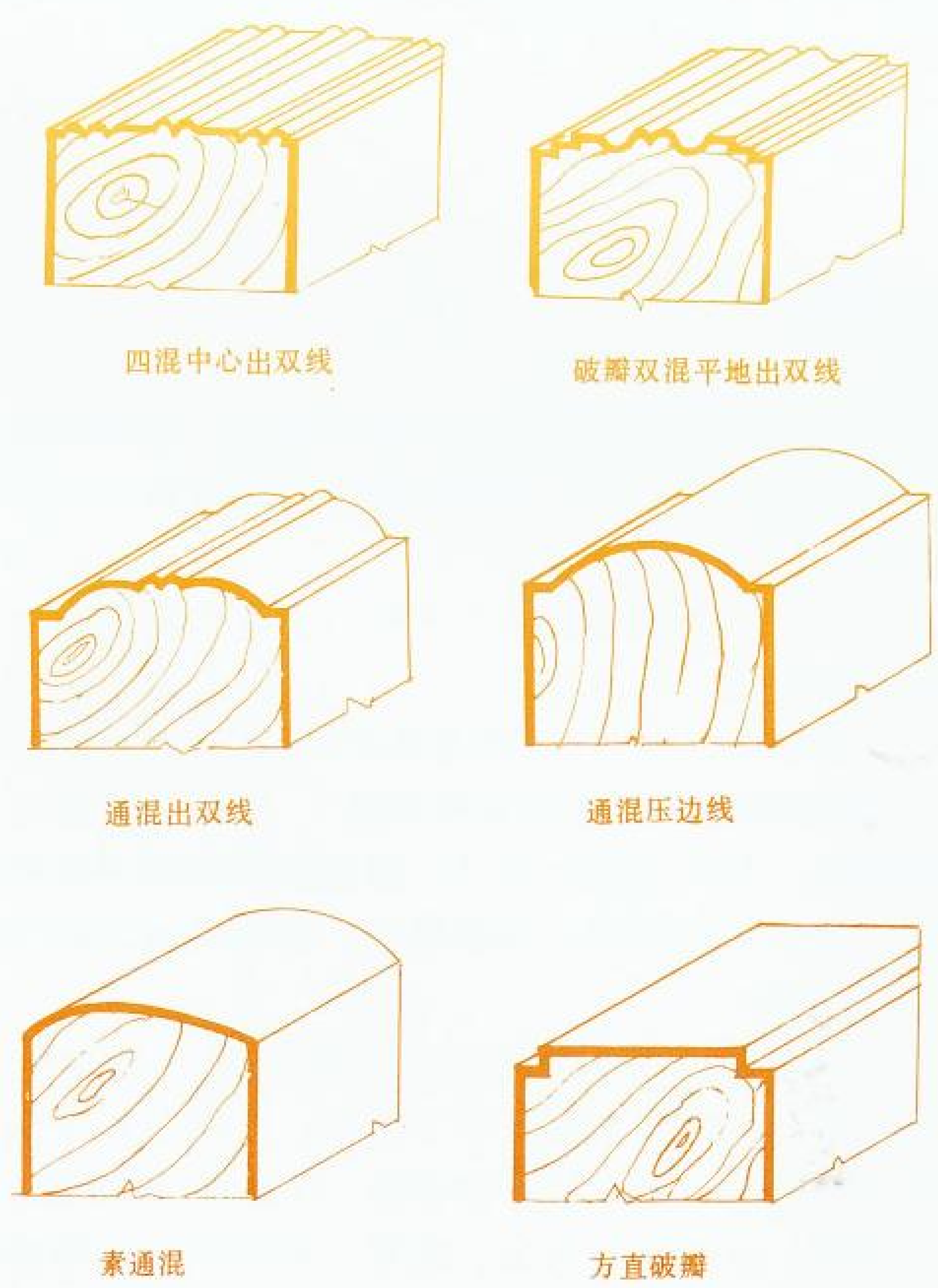


图5-9-18 宋《营造法式》格门边挺线脚做法

1．门

（1）板门：依做法的不同可分为棋盘门、镜面门及实榻门三种，均向内开启。板门的高宽，《营造法式》有“造版门之制，高七尺至二丈四尺，广与高方。……如减广者不得过五分之一”的记述。佛光寺东大殿唐代板门实例高3.75米，当心间宽3.63米（次、梢间略同），基本上是1：1，说明宋代沿用了唐制。宋、辽、金建筑实物的板门，门宽一般都小于门高，这是因为当开间尺寸过大时，则“如颊外有余空，即里外用难子安泥道版”（《营造法式》），这给设计门宽以活动的余地。

棋盘门是先用木做成框架，然后装板，门背面用3—5根穿带，两端做出榫头交于门边挺。门正面，装板与框平齐，背面形成格状，看上去象棋盘，所以叫棋盘门。把棋盘门的正面加工得光面无缝，就是镜面门。

实榻门是每扇用3—5块同等厚度的木板拼合（有的板与板之间打眼加梢钉），然后用几根穿带串联加固而成。《营造法式》谈到的板门（图5－9－19），也是用几块木板拼合成的，但门两边的木板（里边那块上下做成转轴的叫肘板，外边的那块叫副肘板）要厚于门心板。用穿带联结加固门心板的做法有二：一种是只用铁钉把穿带和拼合的门心板钉牢，早期建筑的一些板门就是这样做法。另一种是在门心板安穿带的部位，凿出半银锭卯口，深约1—2厘米，穿带从门心板一侧通过卯口穿插到另一侧，然后再用钉钉牢（也有不施钉的）。很显然，后一种做法是先进的，它提高了板门经久耐用的性能。

早期寺庙里的主体建筑与明清以来的宫门、庙门及府门等的板门，除背面用穿带外，正面还用门钉。门钉的路数取决于穿带的根数，即有几根穿带就用几路门钉。早期建筑的门钉，其路数与每路的钉数并不一致，清式却规定了路数钉数要相同，即门钉七路、每路用钉七枚。

门钉最初只是把穿带和门心板相联结的铁钉外露部分锻打成蘑菇状，以后为了装饰上的美观，便把钉帽单独作为一个装饰构件制作，所用材料是铁、铜或木头。使用时或套钉（钉帽中心留有空眼）在门上，或嵌套在门钉露头上。铁门钉一般用在早期寺庙建筑的板门上；明清的宫殿、衙署、府第等的大门用铜门钉或木门钉，铜的镏金、木的漆黄色，门漆成红色。朱门金钉是造成这些建筑威严豪华气派的重要因素，是适应统治者的要求的。一些门第的大门不施门钉，常绘以门神，以增加“不可侵犯”的气氛。喇嘛庙的大门绘经文或各种怪兽，门框做出各种复杂的线脚，给人以压抑和深奥莫测的感觉。

在宫殿、衙署、寺庙以及一些府第民居的大门上施用铺首，以铜或铁铸成兽面，口衔门环，也有把铺首的式样做成内圆外八边形的，北方的民居大院中随处可见。图5－9－20为蟠螭立凤铜铺首（公元前425年—前221年）。铺首作兽面衔额上正中饰一立凤，凤翼各有一蟠螭缠绕作回首状。

（2）格门：根据开间的大小决定门扇的数量，每开间做二扇、六扇乃至八扇。格门的优点是，在需要时可以随时摘落下来。一扇格门的体形，宽与高的比例，宋式为1：2或不足1：3；明清为1：3或1：4，江浙一带的府第民居还有1：5和1：6的。格门均向内开。格门的构造一般由格心和裙板两部分组成。用四抹头的格门在格心与裙板之间加一道绦环板（宋名腰华板），

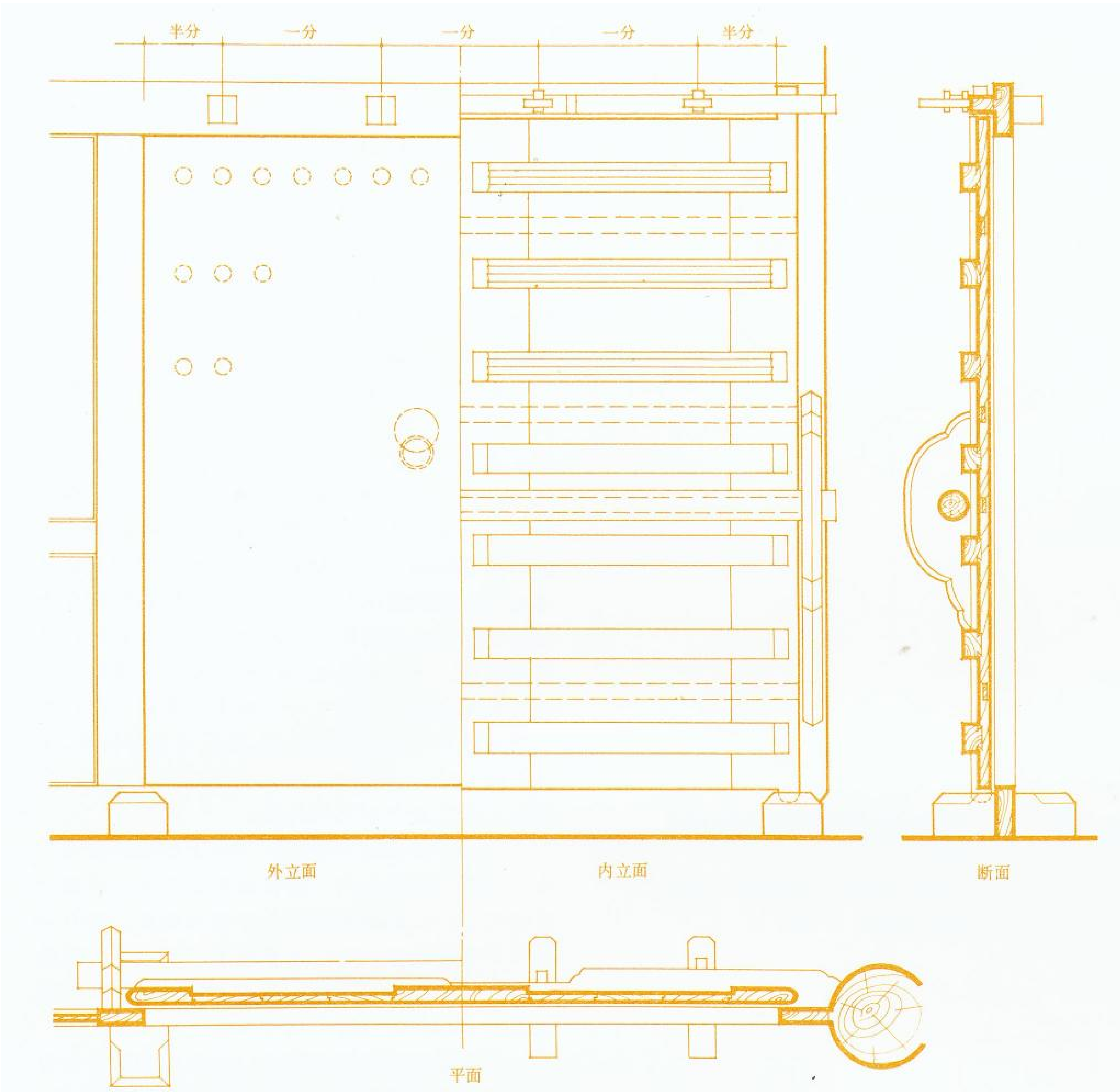


图5-9-19　宋式版门做法（单位：营造尺）



图5-9-20　蟠螭立凤铜铺首

五抹头格门在裙板下更加一道绦环板，六抹头格门则在格心之上加一道绦环板。裙板与格心的高度比，《营造法式》规定为1∶2；清式规定为2∶3，但多数实物并没有拘泥于这些规制，而是因时因地，各行其是。

最讲究的格门，《营造法式》所谓“两明格子门，其腰华障水版格眼皆用两重”。清式只把格心做两层，名叫夹纱或夹堂，裙板和绦环板仍做单层。内外式样全同，外层固定，内层可随时取下换糊纱或纸。

格心是格门中最富于变化和引人入胜的部分，棂花的种类繁多，举不胜举。一种是用平直的棂条制作一码三箭、步步锦、灯笼框、拐子纹、龟背纹、冰裂纹、盘长、卍字、亚字和回字等多种几何图案，在棂条空档过大的地方，加工字、卧蚕、方胜、卷草、蝙蝠等卡子；再一种是以曲线为主的各种菱花和球纹及其变种，最讲究最高级的做法是用整块木板精心雕刻成龙凤、鸟、花卉及人物故事，实际上是装在格心内的一幅雕刻艺术品。

裙板的式样也很多，常常是随着格心的繁简和精细程度而作不同的处理。最考究的裙板上有龙凤（图5-9-21）、花卉及人物故事等镂空雕刻，一般的以各种如意云头、卷草、夔龙等居多，最简单的板上没有任何线条和纹样。

还有一种不用裙板全用格心的格门，叫做落地明造，制作相当玲珑精美，是封建官僚、士绅府第里常用的格门式样。

（3）屏门：一种类似屏风的门，其形式类同格门。做法是在格门的框架上装置木板，门表面光平如镜。用于外檐装修时，一般安置在府第及小庭院前的大门后檐柱之间。北方民居中的屏门，一般油漆绿色，上面书有“福”、“寿”等吉利的大字，最讲究的屏风正面嵌入镜子，背面做成格门式样，这种门给人以雅素恬静的感觉。

（4）风门：是居住建筑中常用的门（图5-9-22），北京、大同等地的住宅大都用这种门。门为单扇，向外开启。体形矮而宽，是格门的变种，用四抹头、裙板与格心的高度比约为1∶1。格心亦常做平棂，做出步步锦、灯笼框等图案，背面糊纸。在炎热的夏天，门可以摘下换上竹帘。风门一般只是外层门，内层多数装有双扇小板门；讲究的人家，在格门中央两扇的部位先装置帘架框，然后安装风门。

（5）栅栏门：装在府第最外面的大门。即装在官署的棂星门及作坊场院的出入口，起一般的阻隔防范作用。其做法是，立两根断面较大的方

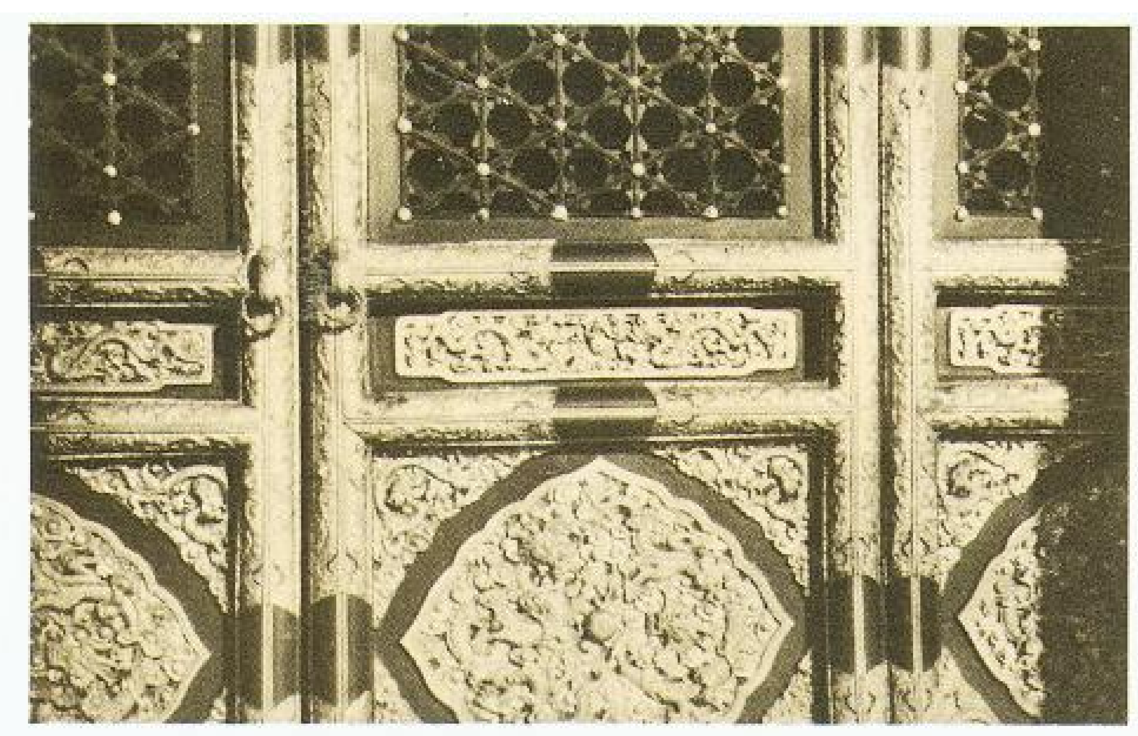


图5-9-21　北京故宫乾清宫槅扇局部

形柱或圆柱做抱框，然后装上由横竖小方板组成的栅栏门。分双扇或单扇，一般向内开。

（6）其他：在上述几种门的基础上，不同的地区、不同的实用要求，还创造了不少其他型式和做法。如四川住宅中，常把一个开间分作三段，装门六扇，中门两扇为屏门，两侧四扇为格门，均可随意开关，所以叫做“三关六扇”。在府第、园林里，有一种独立的小厅堂，满面都是透剔美观的窗棂，只在开间的两侧做小门，叫做花厅门。在长江以南气候温暖而少风的地方，常用不施门窗的敞口厅，有的在檐柱旁安格门，上装横披叫落地罩，还有在开间上枋下用各种棂条做出花样的叫做天穹罩。

2. 窗

（1）直棂窗：是宋以前常用的窗户。《营造法式》中的破子棂窗均属于这一类。直到清代，它还在一些库房、厨房等附属建筑中应用。破子棂窗棂条的断面为三角形，它是由一根方棂，沿对角线锯割为二做成；板棂窗棂条的断面是矩形，是一般的板条。这两种窗每边窗户用棂条7—21根不等，一般多为奇数。如棂条过长时，在中间

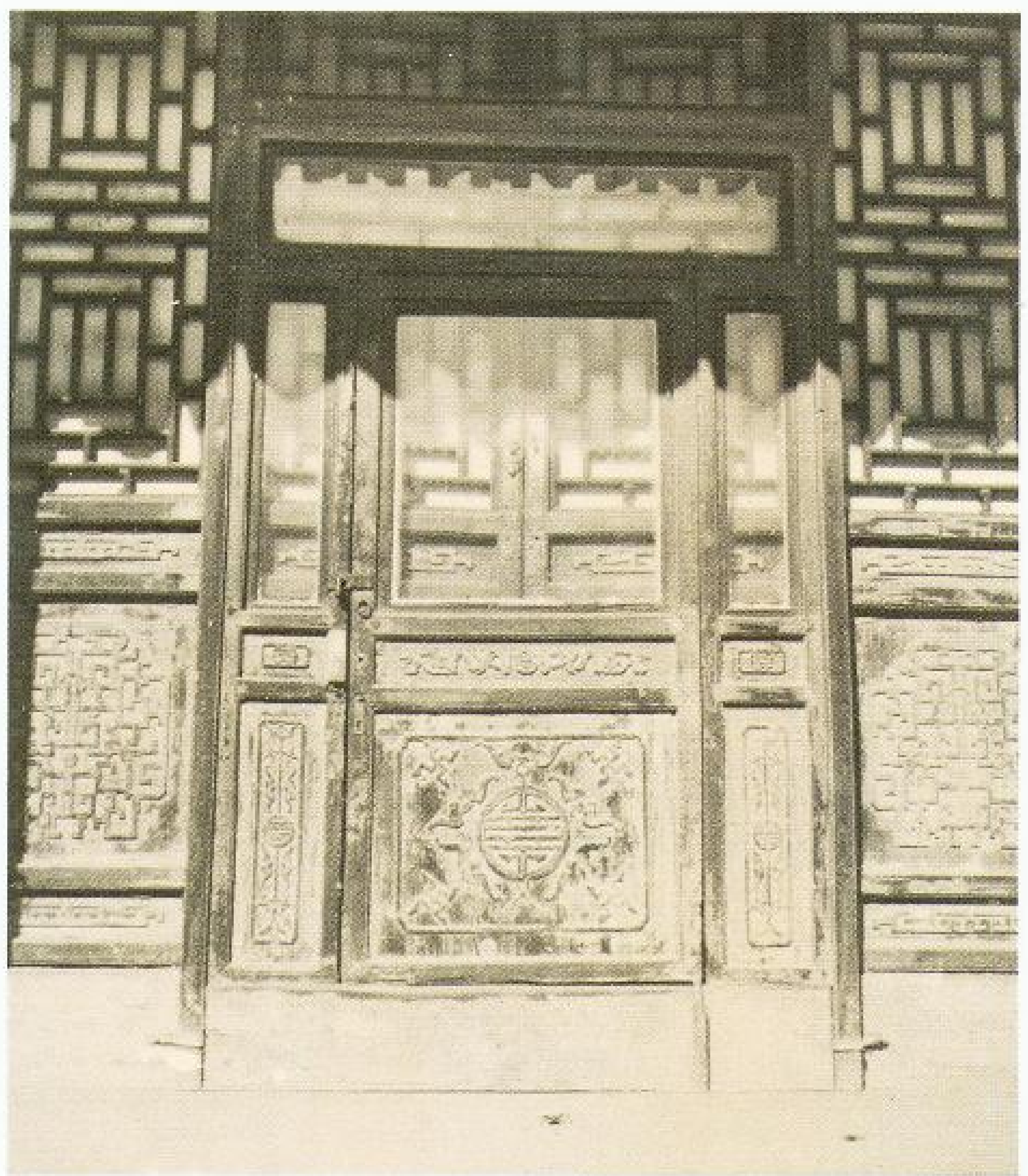


图5-9-22　北京颐和园风门

加一段承棂串。早期的做法是承棂串做出卯眼，将棂条穿插通过；后期的做法是将承棂串和棂条相交处各去一半咬口衔接。直棂窗的进一步发展是一码三箭（图5－9－23），即在棂条的上、中、下三段各施横向水平棂条三根。

直棂窗一般安装在砖槛墙、土坯墙及夹泥墙上，先以木枋做框架，内装直棂。

（2）槛窗：做法同格门，只是把格门的裙板部分去掉，安在槛墙之上即为槛窗。这种窗常在宫殿、寺庙里的主要建筑上与格门并用（图5－9－24）。槛墙的高矮以槛窗下部的绦环板相对应而定。墙上安厚约10厘米、宽与墙厚齐平的榻板，上置风槛，然后装窗。南方一般不用砖槛墙，而改装木板壁，需要时可拆下来，将厅堂做为敞口厅。

按开间的大小，每间装2—6扇，均向内开。格心的做法和式样与格门相同。它的缺点是开关不便，实用功能差，优点是可以使建筑物整个外貌的风格和谐一致。

（3）支摘窗：南方叫和合窗多用于居住建筑。北方的支摘窗先在槛墙上的正中立间柱，分隔为两半，每一半再分上下两段装窗，上段者可支起，下段者能摘下，所以叫做支摘窗。支窗有向外支的，也有向内支的。南方不少地方，每开间有加间柱二、三根分作三、四段的；上下也分三段，然后装支摘窗。有的在下段的小空档内更加一根分心小柱，装两扇窗。这种又有对称又有变化的做法，装饰趣味极浓。支窗与摘窗的比例，在北方大多是1：1，南方则以2：1或3：1居多。

支摘窗的格心，灯笼框和步步锦用得最多，其次有盘长、龟背锦、卍不断等，种类繁多。后期下段摘窗大多装上玻璃，是房间光亮的主要来源。上段支窗多糊纸。在山西大同一带民居的每扇支窗上都有窗画，画的内容有花卉、山水、鸟兽虫鱼、博古以及人物故事等应有尽有。每逢春节，由匠人画在连史纸上的水彩窗画在市场出售，家家户户都在支窗上换糊新的窗画，与窗户两侧檐柱上的春联相映衬，更增加了送旧迎新的节日气氛。

（4）其他：窗的种类很多，不胜枚举，常用的还有推窗，俗名风窗。在北方寒冷地区，做两层窗户，外层者白天可以支挂起来，晚上再放下。在一些地主官僚宅第里，施用这种窗时，还在内层窗户里边装置木板，可以象门似的随意开关。此外，还有“翻天印”等拉窗，不过用的较少。

各种类型的窗户，早期的大都是糊纸，讲究的糊绢。清代中叶以后开始使用玻璃。

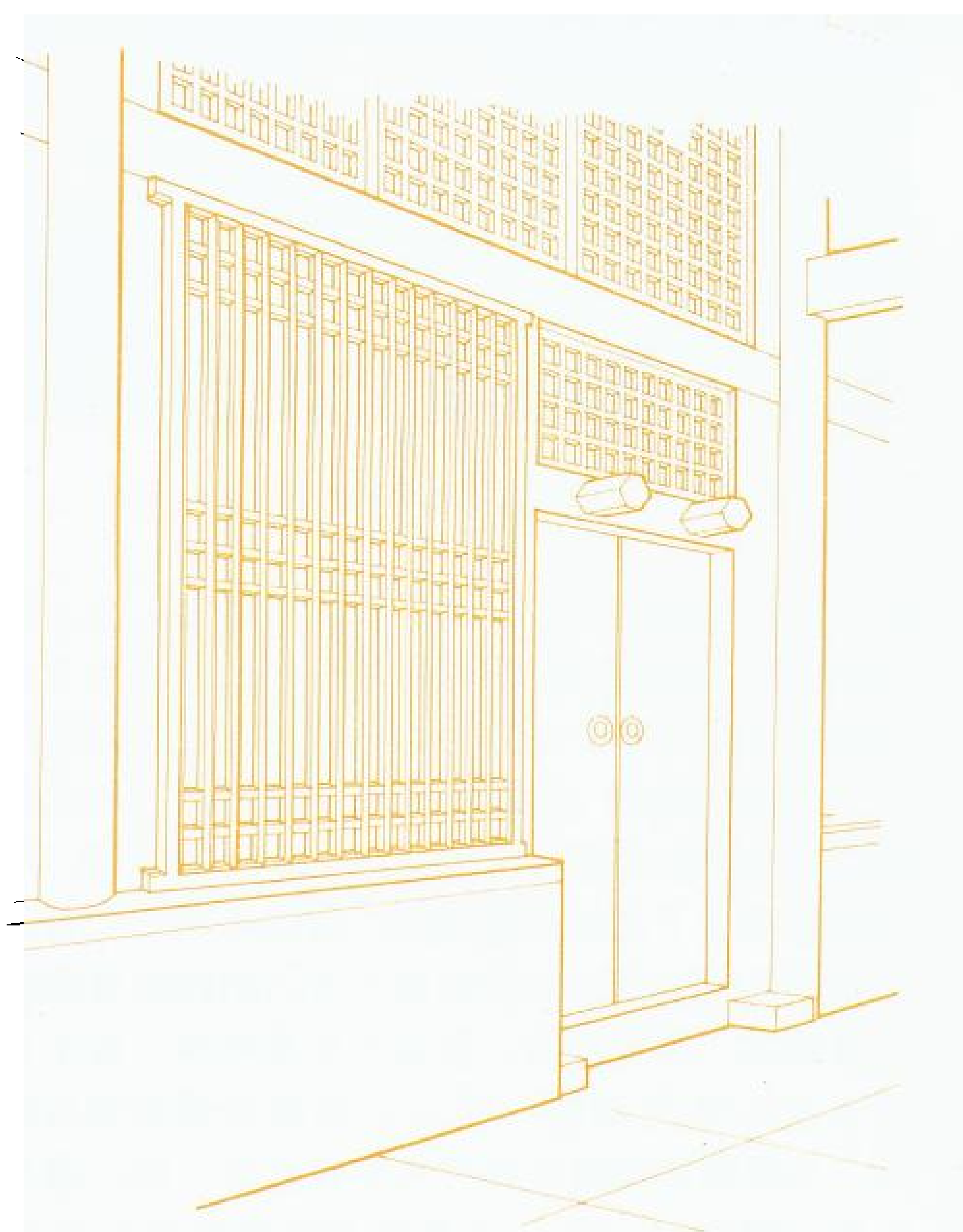


图5-9-23　北京故宫保和殿西库房直棂推窗（俗称“一码三箭”）

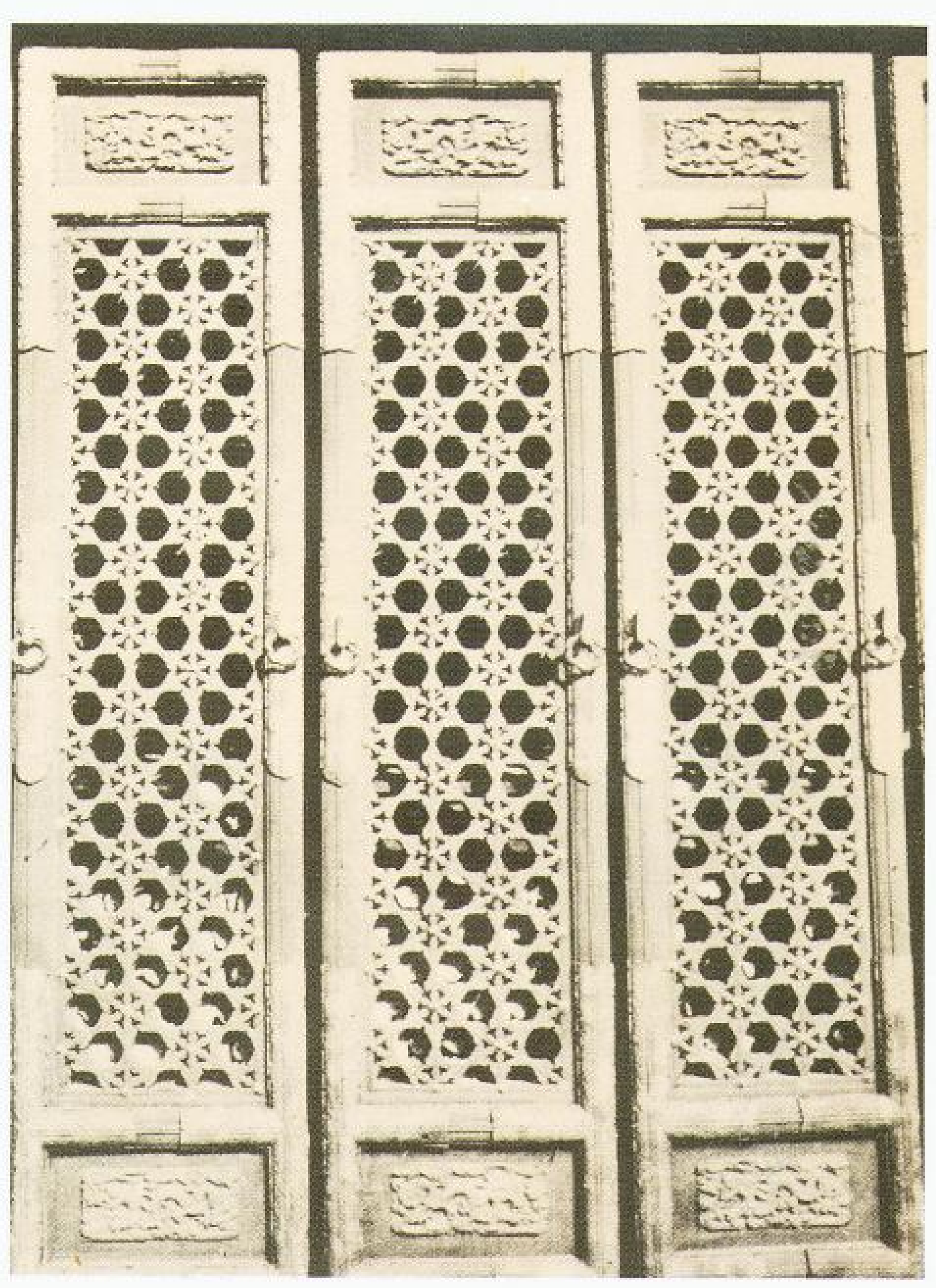


图5-9-24　北京故宫槛窗

（三）栏杆及其他

外檐装修除窗户之外，还有楼阁的平座及廊下檐柱之间施用的栏杆，厅堂、大门、垂花门等檐部用的各种花饰，其类型和式样也颇不少。

（1）栏杆：一般起围护和装饰的作用。汉画像石、陶楼上种类很多，四角或每间安望柱，中置横木或花板。《营造法式》卷八钩阑项内，对栏杆的规定，按其尺度的大小及制作的繁简程度分为“重台钩阑”与“单钩阑”两种，实物中以后一种居多。这种栏杆的做法是：先在靠近柱处立望柱，两望柱之间上施寻杖，下用栏板，二者之间的余空，唐、辽、宋等早期建筑用瘿项云栱、撮项云栱和斗子蜀柱；明清则多用荷叶净瓶。栏板上的花纹图案极为丰富，如大同华严寺薄伽教藏殿的辽代壁藏（1037年）平座上所用栏板的花纹就多达三十四种。最常见的有勾片纹、卍字及绦环等。明清时期的栏杆式样更加丰富，在一些商店、园林、会馆及晚期的寺庙中的栏杆不用寻杖，而是整体由有规则的几何图案或棂花所组成。在商店的平屋顶上临街的一面安装纯为装饰的栏杆称为朝天栏杆。在南方的园林里近水的游廊、亭、榭等处，有一种靠背栏杆，即在栏杆上部加做弯曲棂条的靠背，游人可当做靠椅来息坐，同时它也起到了围护作用。

在园林和大住宅中，廊柱之间安装一种高40—50厘米的低栏杆，它只有普通栏杆的下半部即栏板那一部分，盆唇宽约20厘米，可供人们息坐，所以叫坐凳栏杆。在北京的景山、北海等均可看到这类栏杆。

（2）柱枋等饰物：清代中晚期在一些寺庙的厅堂、大门、垂花门、廊子等建筑物的檐柱上端、檐枋下部，常常精心装置各种花饰。与前述的坐凳栏杆相对应，在额枋下的花饰北方叫倒挂楣子，近柱处类似雀替的纤小构件叫花牙子。在晋东南各地晚期的寺庙大门檐部，较普遍地将额枋做成有雕饰的月梁，梁两侧下垂莲柱并有花牙子，当地匠人通称为“嵌口、月梁、滴溜牙”。

二　内檐装修

内檐装修也称室内装修，在我国木构建筑中独树一帜，它包括装置在室内的隔断、格门、屏风、各种花罩以及天花藻井等。

（一）隔　　断

隔断是居住建筑中，为适应实际需要而分隔室内常用的构造。从所用材料来看，有砖、泥、竹、木等，但应用最广、变化最多、成就最大的莫过于木结构的了。如板壁、格门、花罩、太师壁、博古架、书架等，它们多用高级的硬木（紫檀、红木、沉香、铁栎、黄花栎等）制作，有的还有极复杂精细的雕刻。

（1）板壁：通进深先立大框，然后满装木板，里外刨光，施油漆或彩绘。这等做法常因板壁面积过大而发生翘曲、裂缝等弊病。其后有的在板

壁上里外均糊纸；有的加几道横竖木支条分成支格，然后装板。在寺庙、祠堂、会馆及大府第的板壁上，常绘出壁画，题材有神佛、花鸟、竹树、山水及人物故事等。

（2）格门：又名碧纱橱。在通进深的部位，有的满装以格门，按照通进深的大小定格门的多少，一般以八扇居多数。中间两扇格门可向里开关，并挂竹帘或布帘。格门的边框、抹头、格心、裙板等的比例关系及其手法，基本上同外檐的格门，但所用木料较高级，加工也精细得多。格心的式样常用灯笼框，框内糊纸或纱，在灯笼框心或画花鸟山水，或书以诗词。讲究的格门在上面嵌以玉石或珐琅等。

（3）罩：各种罩都是装饰性极强的分隔的构造，按照形式和使用的不同，可分为几腿罩、落地罩、栏杆罩、花罩等。这些罩以其玲珑剔透、富丽的镂空雕刻为主要特征（图 5－9－25）。

（4）其他：除以上几种外，还有太师壁、博古架、书架等。

太师壁：在南方一些公用建筑中应用，装置在后金柱之间，壁面用棂花拼成各种花纹，两侧设小门可以出入。

博古架及书架：既是家具，又用作隔断，只在宫廷和大府第中才有。花格优美、组合得体，在北京故宫、颐和园及南方园林中有很好的实例。

明清时期内檐隔断式样上的丰富多彩和工艺上的精美成熟，达到了高度水平，表明这个时期小木作已取得了超越前人的成就。

（二）藻井和天花

在宫殿、寺庙里的主要建筑中，多数施用藻井和天花，后者尤为普遍。

藻井和天花，实际上是建筑物内部顶棚中最尊贵、最高级的做法。它的实用功能除了隔断过高的空间以保持室温和避免灰尘下落外，还力求在室内装璜上取得富丽堂皇的艺术效果。

藻井一般只限于寺庙的主体建筑有佛（神）像的顶部或宫殿里“宝座”的上方使用。

藻井象伞盖一样，高出于天花之上，是一种特制的小木作结构，统治阶级用以烘托和象征“天宇”般的“崇高”和“伟大”，带有明显的封建迷信色彩。留存至今的许多木构古建筑中，有着丰富多彩的藻井和天花，有不少是精丽的工艺美术品。

（1）藻井：藻井一词，在历代文献记载中还有龙井、绮井、方井、圜等许多叫法。

根据《西京赋》“蒂倒茄於藻井，披红葩之狎猎”及《鲁灵光殿赋》“圜渊方井，反植荷蕖”等词句，可以想见藻井在汉代即已在建筑中应用了。其式样可能是简单的方井。到了六朝隋唐时代，藻井的式样已有了不少变化和发展。从敦煌 101、103 窟及云岗 9 窟等可以看到，藻井主要是各种式样的方井，间有斗四，这无疑是仿照当时的木构建筑而雕镌的。

辽、宋、金时期的藻井，较普遍地出现了斗



图5-9-25 （1）挂落飞罩

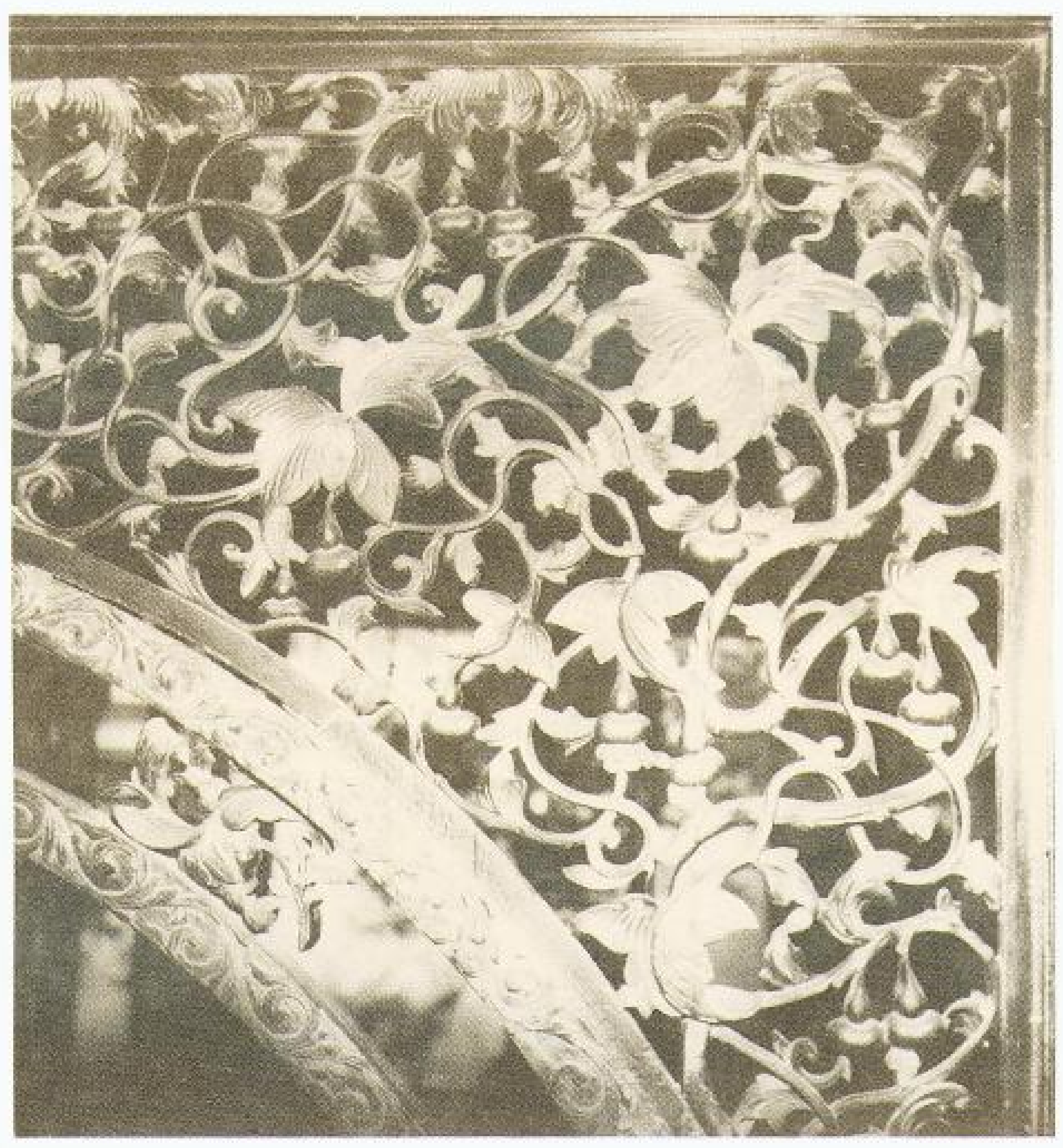


图5-9-25 （2）苏州留园鸳鸯厅飞罩局部



图5-9-25 （3）苏州留园园光罩

八藻井。蓟县独乐寺观音阁上层藻井与应县佛宫寺释迦塔第五层藻井是现存古建筑中最早的斗八藻井实例（图 5－9－26）。《营造法式》卷八小木作项内介绍了斗八藻井与小斗八藻井两种。对斗八藻井的具体做法是：“造斗八藻井之制，共高五尺三寸，其下曰方井，方八尺，高一尺六寸；其中曰八角井，径六尺四寸，高二尺二寸；其上曰斗八，径四尺二寸，高一尺五寸。于顶心之下施垂莲，或雕华云卷，皆内安明镜。”（图 5－9－27）这种藻井的一般方井和八角井上都用了斗栱。实物中只有辽善化寺大殿的藻井用了类似《营造法式》规定的斗栱，但尺度较小；独乐寺观音阁及应县佛宫寺释迦塔第五层藻井并未施斗栱，在斗八的背板，前者做成密而小的三角形格眼，后者只在板上绘以图案。

斗八藻井也有穹窿形逐层向上收小的，如余姚保国寺大殿的藻井即属于这一种（图 5－9－28）。

元明清的藻井式样，变得复杂细致了。实物中多数用了各种各样的斗栱，有的藻井斗八部分几乎全由斗栱组合而成，如河南济源王屋山紫微宫三清殿的藻井（图 5－9－29）和河北景县开福寺大殿的藻井。还有的在方井之上先置天宫楼阁，再上施斗栱。元代永乐宫三清殿的六口藻井，有圆形和八角形两种，周围用五层细密的斗栱来承托，顶板上雕刻蟠龙，是元代小木作的杰作。随着建筑物本身装饰性构件的增加，在藻井上也出

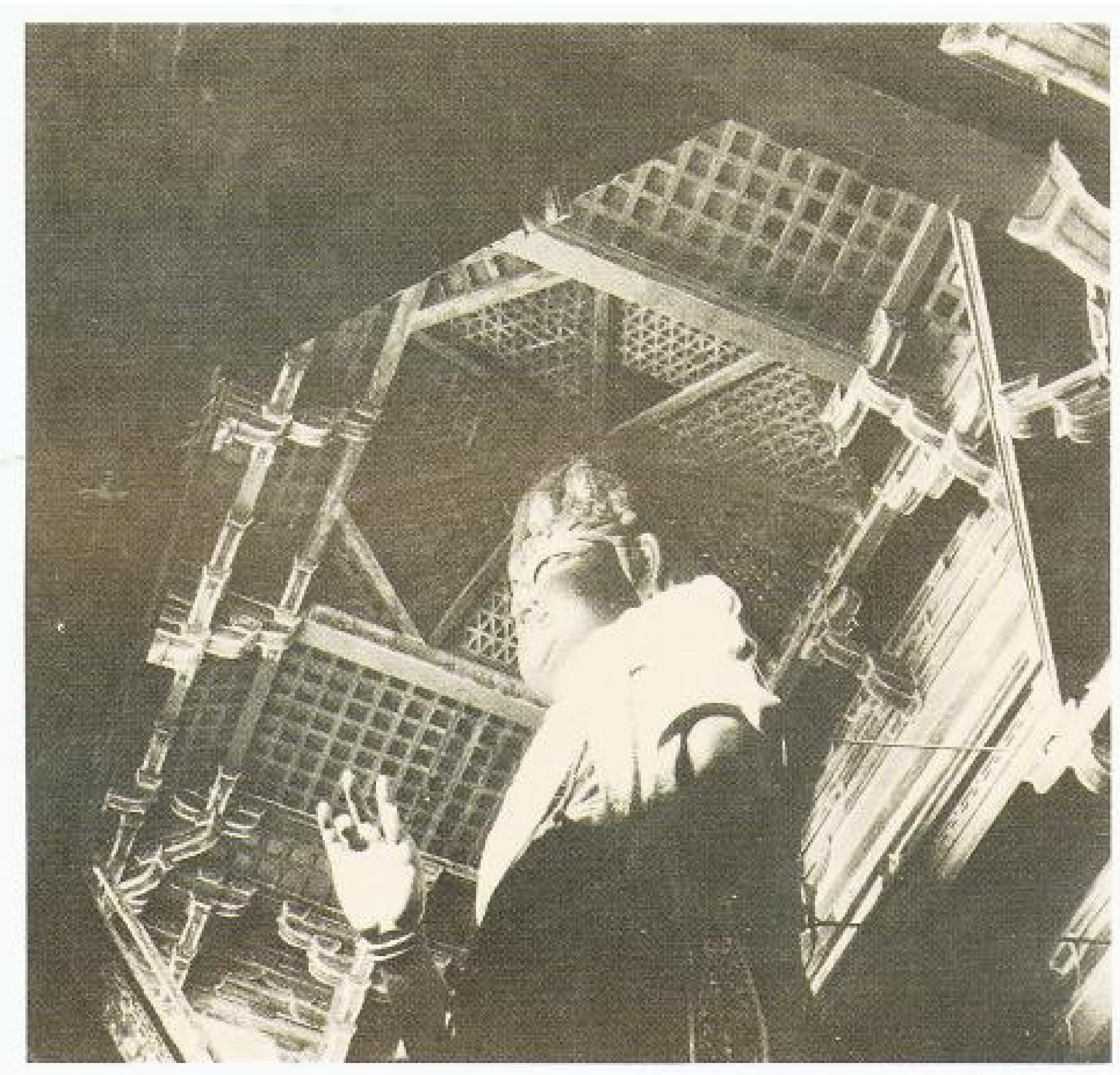


图5-9-26 天津蓟县独乐寺观音阁斗八藻井

现了十分细腻精巧的龙凤、卷草等雕饰，北京明代智化寺万佛阁的藻井（图 5－9－30）和承德普乐寺旭光阁的藻井（图 5－9－31）是典型的实例。

实物中别具一格的特殊式样也不少，如北京隆福寺三宝殿的藻井（图 5－9－32）是外圆内方，圆井部分上下内外分层相间，雕以斗栱、云卷及不同形式的楼阁，中心顶端小方井的四周也雕楼阁及花纹，非常精细。北京天坛皇穹宇，由于其平面及体形是圆的，所以它的藻井形式也是圆的，与建筑物结构本身有机地组合为一体，造型优美（图 5－9－33）。上海蓬莱区的清末木商会馆和三山会馆的藻井，内为圆形，均以木支条做出旋转状，犹如孔雀开屏，生动别致。

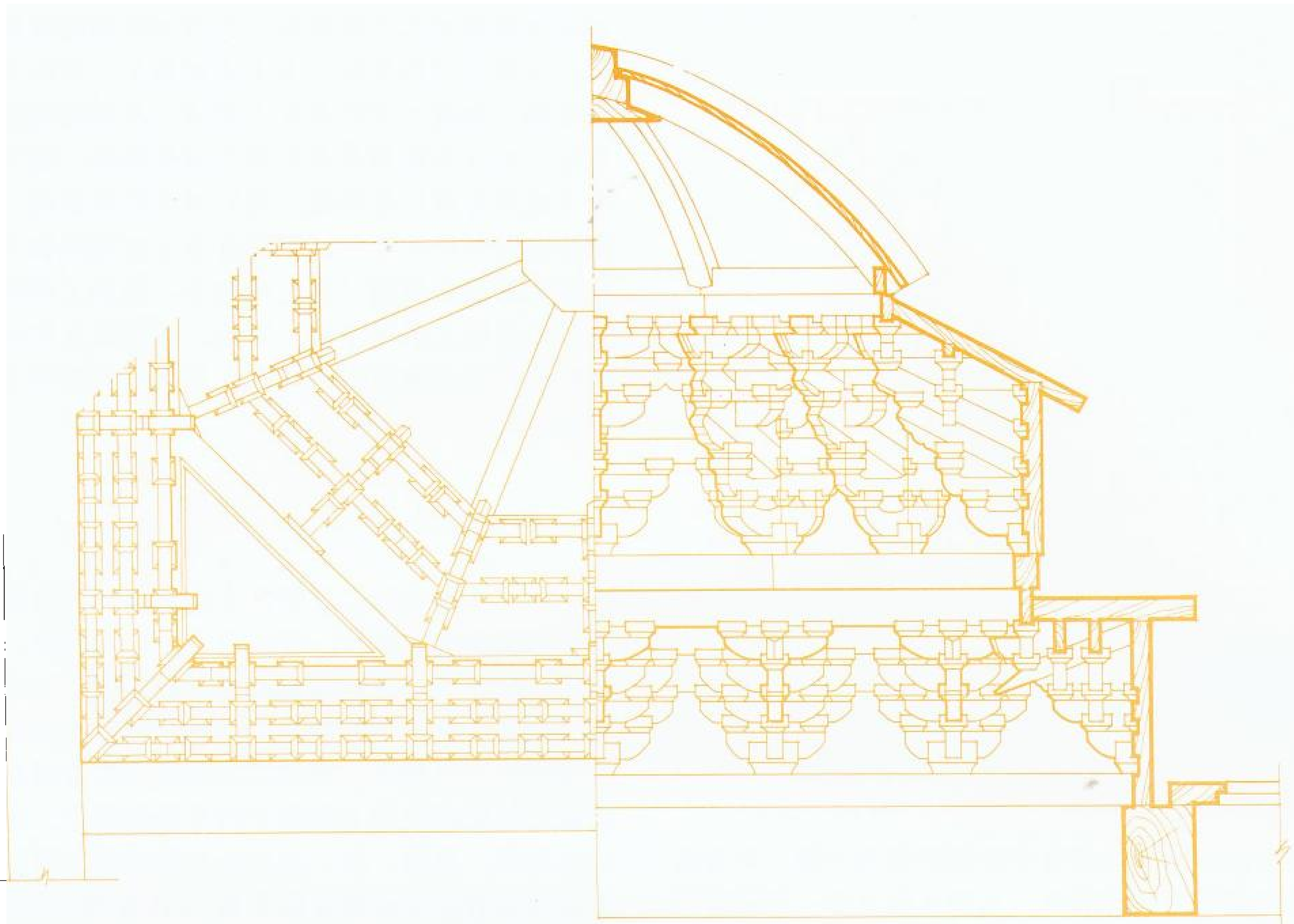


图5-9-27 宋式斗八藻井做法

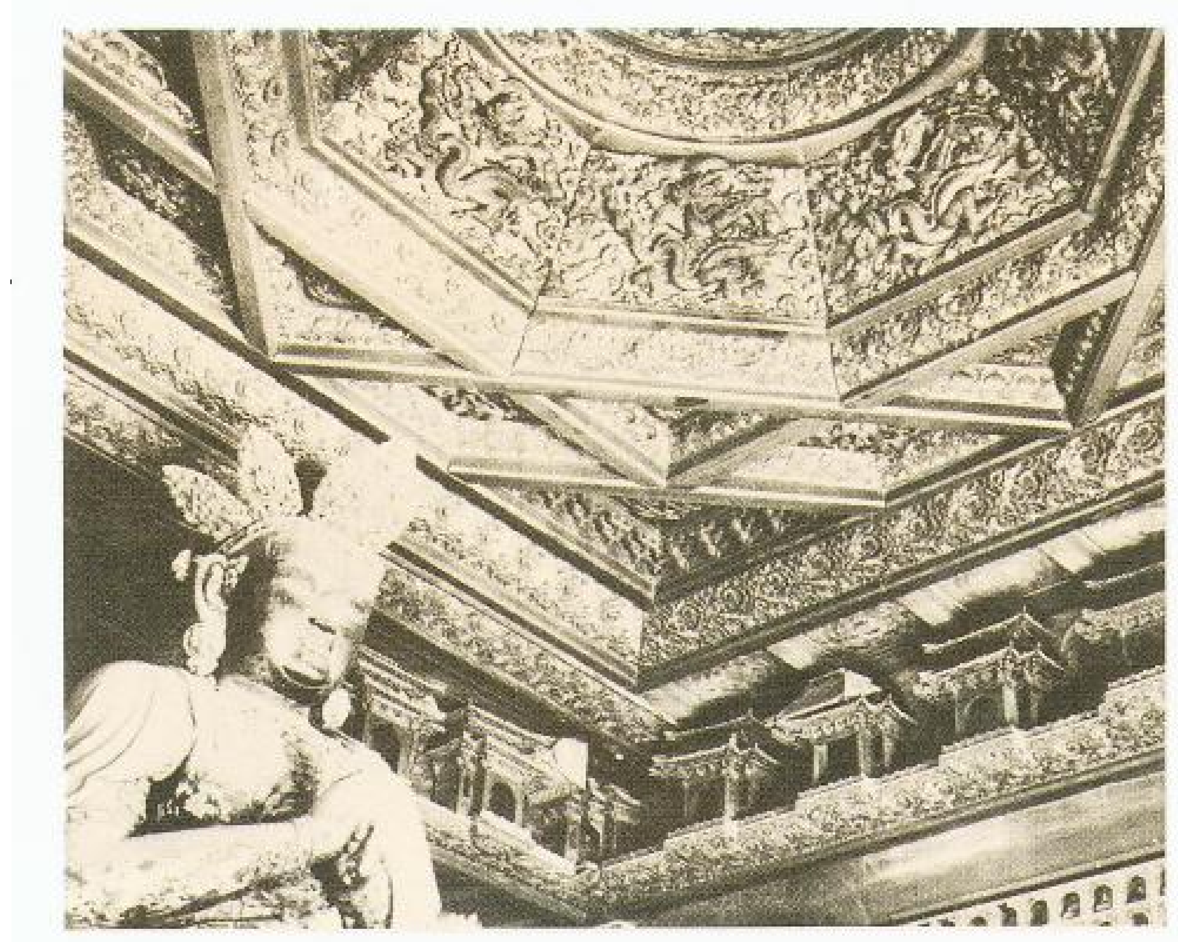


图5-9-30 北京智化寺万佛阁藻井

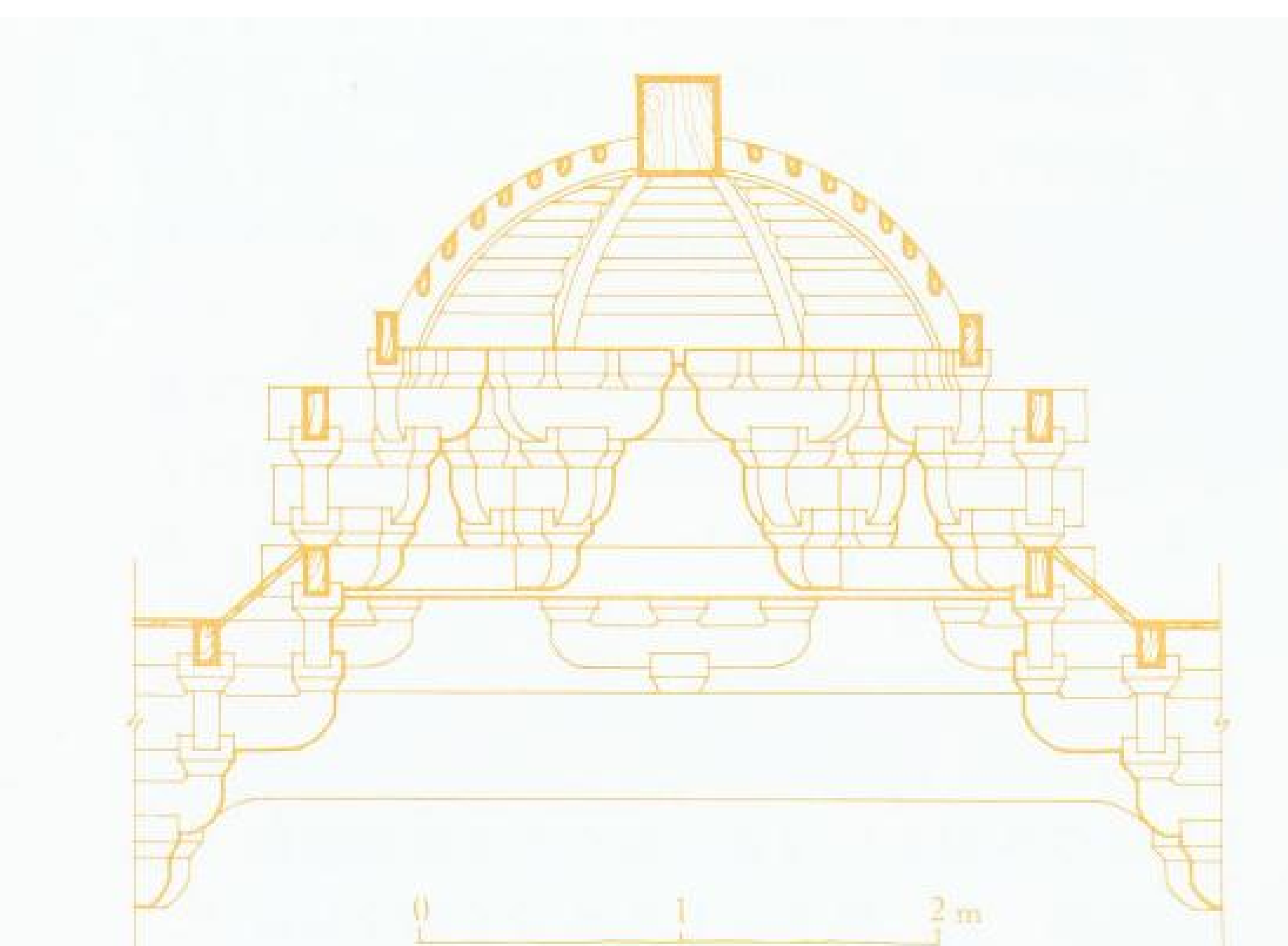


图5-9-28 浙江余姚县保国寺大殿藻井图

藻井顶部中心的明镜，一般多为圆形，周边置莲瓣或绘以云龙，也有专门雕刻的，如易县开元寺毗卢殿藻井所用。

《营造法式》对于小斗八藻井的规定，藻井分上下二段，其高二尺二寸，下段为八角井，直径四尺八寸，上段为斗八，高八寸。顶心部分同大藻井。在八角所用斗栱之上，用板壁分开间、作门窗，并同钩阑。实物中如易县开元寺毗卢殿及应县净土寺大殿的小藻井（图5－9－34），虽然用了天宫楼阁、斗栱等，但并没有《营造法式》所说的门窗。小藻井在晚期建筑中也有应用，但式样只是作菱形、六角形等几何图案，且制作也比较简单。

南方的一些府第，有用木方子支搭成藻井的，如浙江吴兴县南浔小莲庄的藻井，作斗四方井，不用抹角做法，简练而雅致。

（2）天花：在一般木构古建筑中屡见不鲜，它的别名很多，计有承尘、仰尘、重橑、平机、平棊、平暗等。如按做法的不同，可分平暗、平棊和海漫天花三种。

①平暗：《营造法式》卷八小木作平棊项注有“其以方椽施素版者谓之平暗”，即用小方椽十字相交作成许多小而密的方格，上面复以木板。佛光寺唐代东大殿和独乐寺辽代观音阁是施用平暗做法的实例，说明唐代施用平暗还是比较普遍的。

②平棊：清式叫天花或井口天花，主要用于

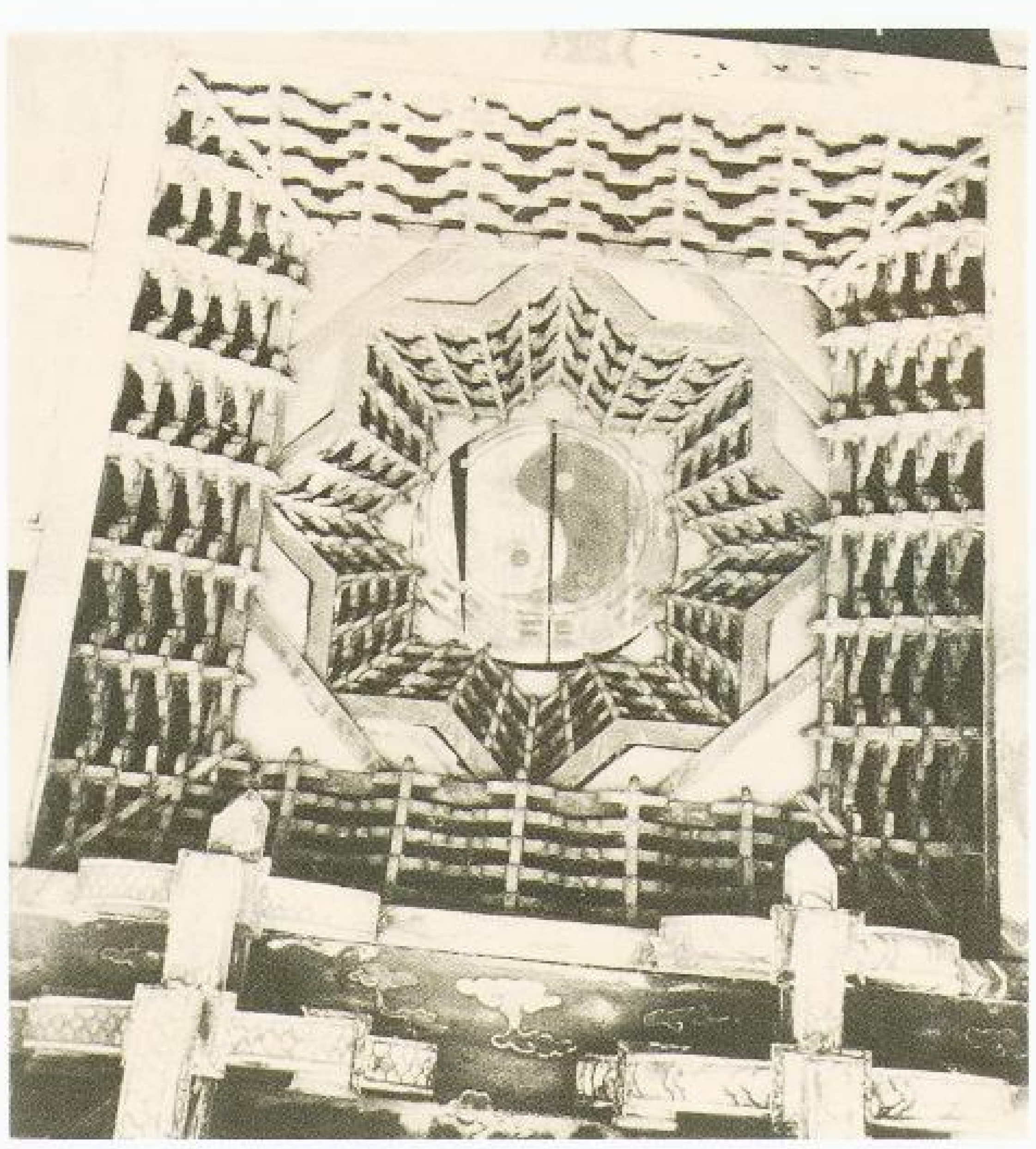


图5-9-29 河南济源王屋山紫微宫三清殿藻井

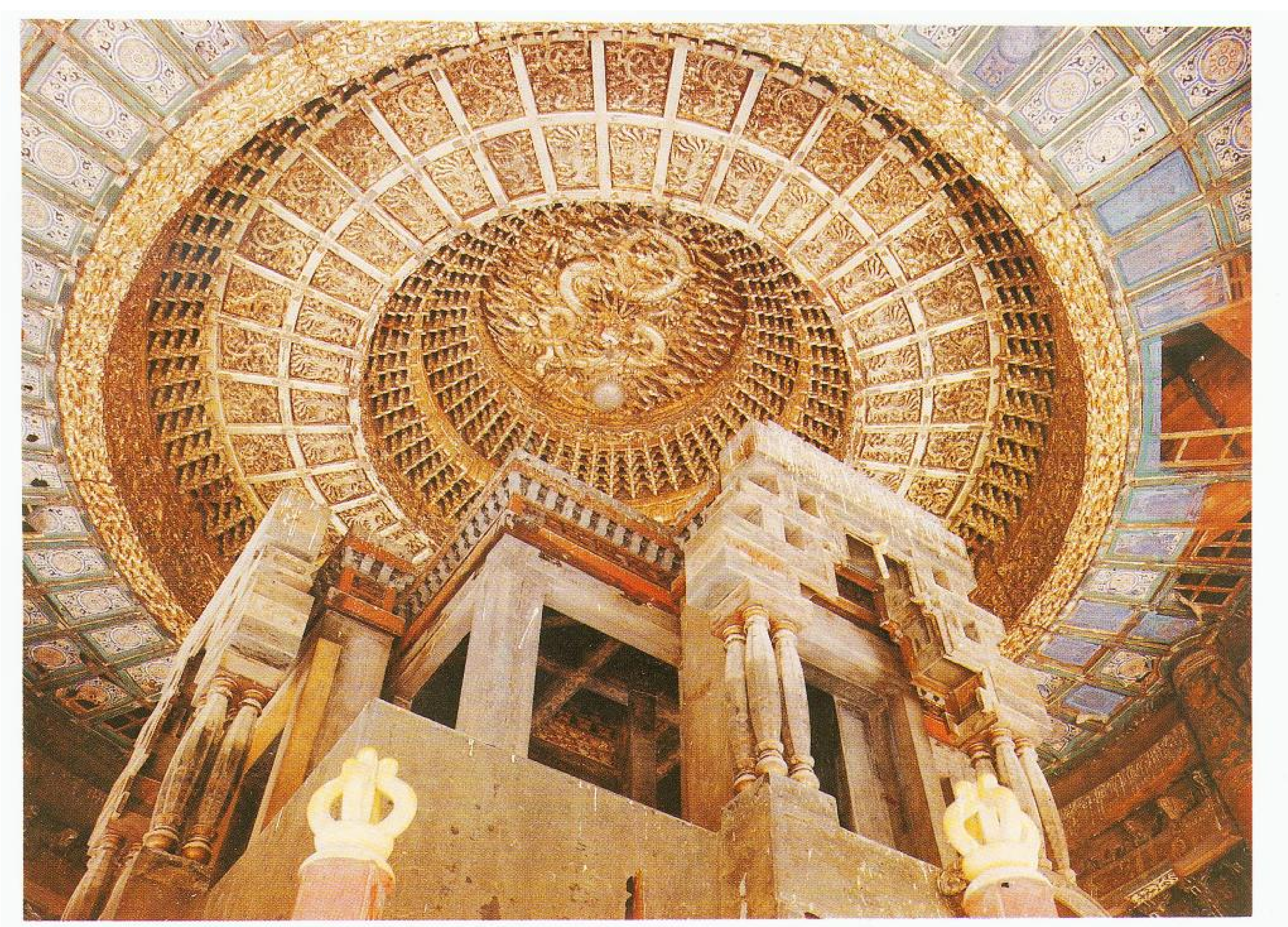


图5-9-31 承德普乐寺旭光阁藻井

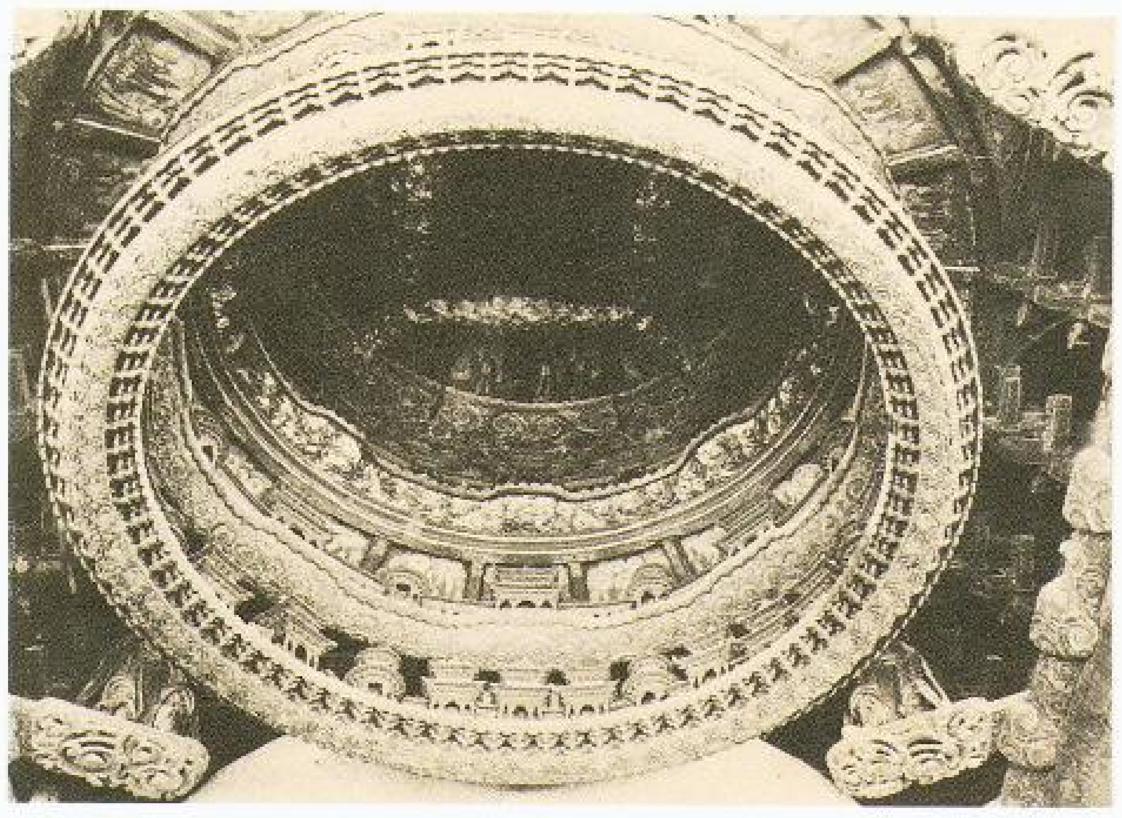


图5-9-32　北京隆福寺三宝殿藻井

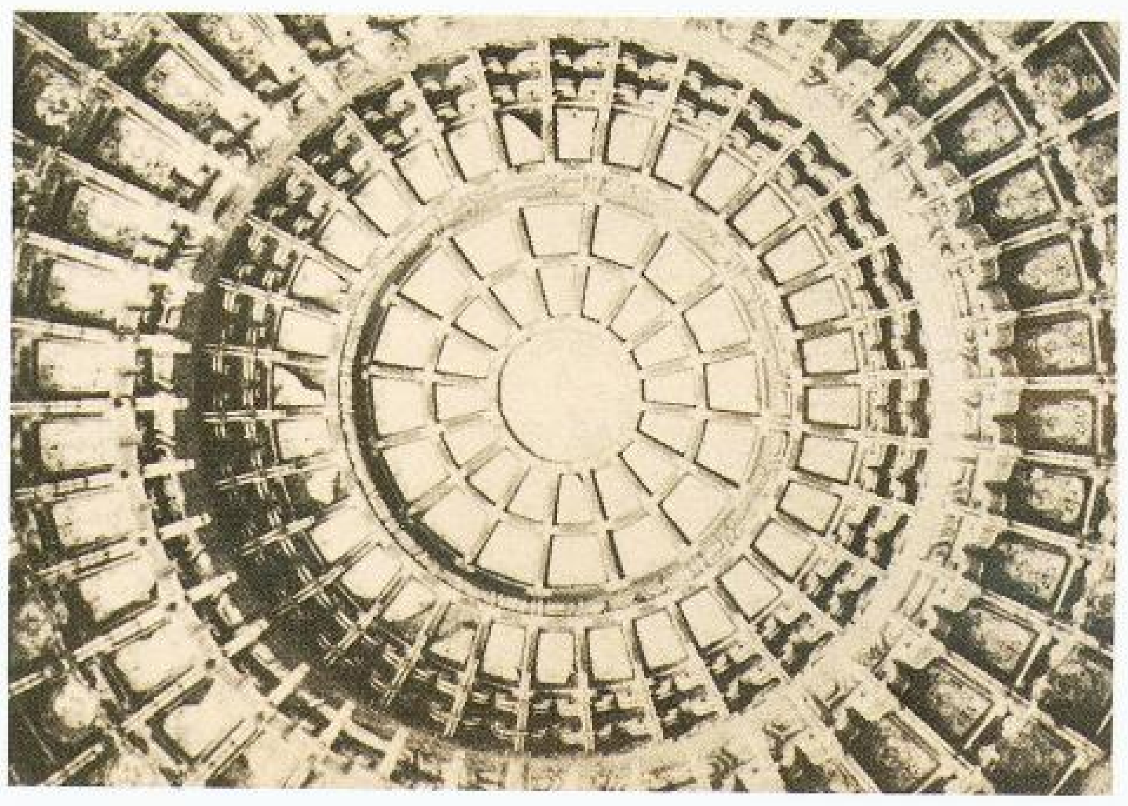


图5-9-33　北京天坛皇穹宇藻井



图5-9-34　山西应县净土寺大殿藻井

宫殿、寺庙等大型建筑中（图5-9-35)。《营造法式》谈到具体做法，就是先用桯（即支条）做成矩形或方形的格子，上面复以背板（即天花板），板上装贴有盘球、斗八、叠胜、琐子、簇六球纹、螺纹、柿蒂、龟背、斗二十四、簇三簇四球纹、六入团花、簇六雪花及车钏球纹等十几种图案，随意配置。山西洪洞火神庙大殿的天花图案是成功的例证。

清式做法是用支条以榫卯结合做成方格，上面置放与方格内口大小相适合的木板，每块木板上或直接绘以一定内容的彩画，或粘贴预先用纸印（或画）好的彩画。彩画的内容有花、凤、六字真言等。明清的天花板与宋式在做法上有所不同，前者是每一方格便有一块天花板，规格尺寸

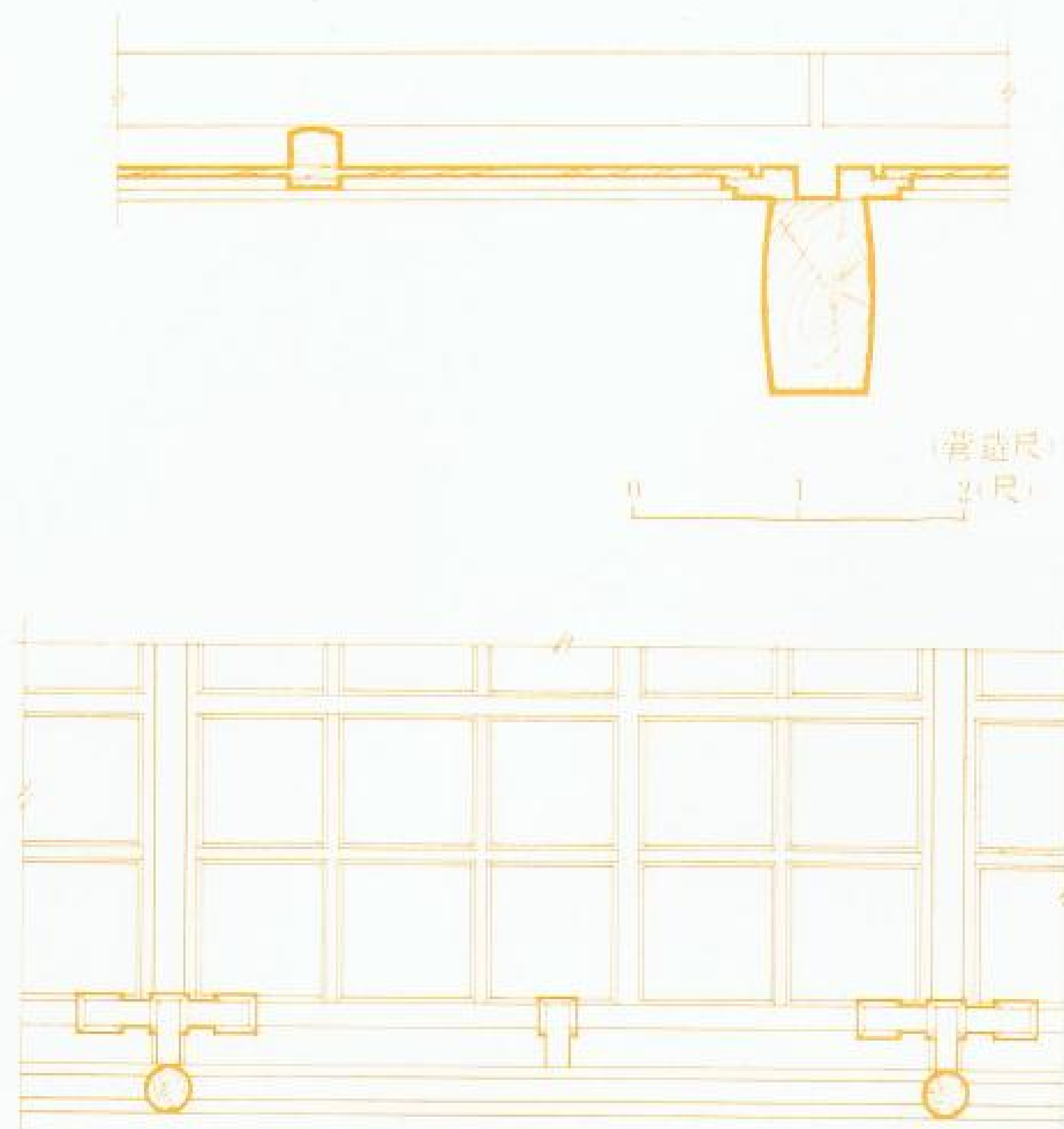


图5-9-35　宋代平棋做法

基本上雷同，优点是安装摘取都很方便。后者的天花板仍象平暗那样，是较大的木板，且规格尺寸不相一致。

在宫廷建筑中，有的天花板是用楠木等高级木料制作，上面雕刻各种花纹图案，不用彩画，完全是木料的本色。

③海漫天花：属一般的顶棚。宫廷里的居住房屋与官僚士绅的大府第中，有用木条钉成方格网架，上面糊花纸。北方民居中的顶棚，是先用木方钉成大框，再钉小木条或秫秸，然后糊纸或粉刷。南方的一些大住宅或祠堂，先在其楼下的阁栅上钉木板平顶，有时还拼作各种花纹，或绘以彩画。

第十节　木结构建筑的基础

基础是直接承受建筑物上部荷重，并将其传递到地基上去的结构物，它属于建筑物的地下结构部分。基础的好坏，直接影响着建筑物的坚固，因此基础工程是建筑工程中的重要项目之一。

早在原始社会时期的木结构建筑中，在木柱和墙壁下就采用挖槽、填土夯实的办法来筑打基础。如西安半坡遗址[2]、洛阳王湾原始社会房屋遗址均有发现。

奴隶社会的建筑遗址中，出现了整个基座用夯土筑打的做法，基座底部深入地平以下，被视为最早的房屋基础。

封建社会早期大量兴起的高台建筑，是将整组建筑置于一座大型夯土高台上。高台上的木构建筑物的墙基大多数不另外筑打，柱子底部则另筑夯土柱基础。后来又出现了用黄土和碎砖瓦渣隔层夯筑的瓦渣基础。随着石灰烧制技术的进步，至明代初期已经出现了更加坚固的、用黄土和白灰掺合后分层夯打的灰土基础。到清代，施用灰土基础更加普遍。

古代劳动人民，根据各地区的地质、气候条件，就地取材，在住宅建筑中，创造了使用不同材料加固地基的丰富经验。我国木结构建筑的基础，从所用材料来分，夯土基础最早，其次是瓦渣基础，最晚出现的是灰土基础。从基础的形式来分，绝大多数都是采用独立的柱基础，施工顺序上也是先筑打柱基础，然后再筑打墙基础。奴隶社会及封建社会中，虽然许多大型建筑物在整座建筑物的底部满打夯土或灰土，但其上的柱子仍然另做独立的柱基础。因此，这种独立的柱基础形式，应是我国古代木结构建筑中基础的主要形式。

一　夯土基础

夯土基础的施工过程，大体是先在预定的建筑房屋的基址范围内，挖去表土至一定深度，再用土分层回填，用石夯或木夯筑打坚固，土内不用任何掺合物。层厚多在4—10厘米，木夯头径一般为3—6厘米。此种基础最迟在奴隶社会的初期已被普遍应用于奴隶主的宫殿建筑中。封建社会初期，战国、秦、汉仍在大量使用，直到隋唐时期仍有采用此种方法来筑打宫殿建筑的基础。在这段长约二千年的时间里，木构建筑虽然很少存在，经过考古发掘，它们的基础有的仍比较完整地保存下来。

河南偃师二里头商代早期宫殿遗址，至今三千二百余年。这是一座略呈正方形的大型夯土台基，东西宽108米，南北长100米，高出当时地面约80厘米。台的正中偏北一块高起部分，东西长36米，南北宽25米，被认为是当时的殿堂建筑。三面有墙基。这座殿堂的夯土基座略高出大台基，底部深入地下水中，夯土厚达3.1米，减去高出地面部分，至少深入当时地面2米以下。夯土基础底面还铺垫三层鹅卵石，东西长50米，南北长30米，四周都超过殿堂基础。值得注意的是，殿堂基础的四周都是自内向外逐渐减薄，边缘仅厚约1米，整个夯土基础的底部呈锅底形。此种式样在后代屡有发现。例如，咸阳秦国宫殿遗址和唐代大明宫麟德殿的夯土基础都是采用这种形式（图5-10-1)。

高台建筑上的土坯墙、夯土墙一般不另筑基础，直接从夯土台上垒砌或筑打，有的在夯土台上

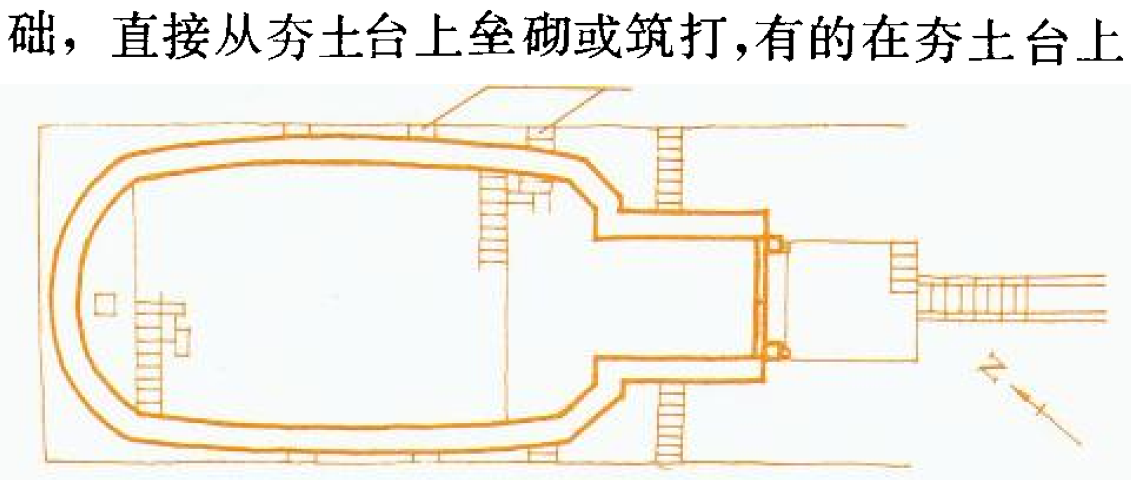


图5-10-1　唐大明宫麟德殿基础夯 土层示意图

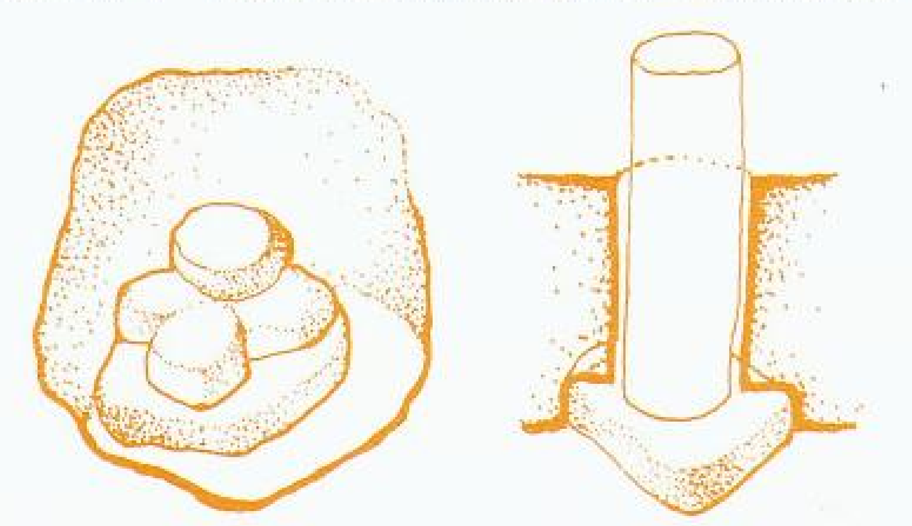


图5-10-2　河南偃师二里头商代宫殿遗址中柱础示意图

另行挖槽重新筑打夯土基础。但所有高台上的木柱都另筑基础。二里头宫殿遗址在安柱处挖槽深50—70厘米，底部垒放石柱础一块，个别柱基用3—4块垒起（图5-10-2）。西安西郊汉代辟雍的建筑遗址，正中为直径62米的圆形夯土台，台上建筑物的柱下置方形础石，在础石下筑打范围比础石大一倍左右。

这种做法的基础，唐代以后虽然在宫廷、庙宇、官府等大型建筑中已不多用，但在我国许多地区一直被沿用到现在。如陕西、辽宁等地木构住宅建筑仍有许多采用这种古老的夯土基础，基槽的宽深各约1米，分层夯实后上砌勒脚，置础石立柱。

二　瓦渣基础

瓦渣基础所用材料，是利用旧建筑物的废砖碎瓦，其强度较之夯土基础增高。这种基础的出现时代尚难确切断定，已发现的资料，最早的一处为山西五台县南禅寺大殿，建于公元782年。1972—1975年修理时，发现各柱础石下的基础深0.9—1.8米不等，都是在土内掺碎砖瓦、灰块等杂物筑成。又据河北正定县隆兴寺内《真定府龙兴寺铸金铜像菩萨并盖大悲阁》（公元963年）碑文中记载，寺内主要建筑大悲阁于北宋初创建（公元971年），中置高达19米的铜铸佛像，它的基础做法是“掘地猢基至于黄泉，用一重礤石，一重土石，一重石炭，一重土至于地平”。以上两例说明，最迟到唐代基础所用材料已明显的不限于黄土夯实一种，但它和我们今天所说的瓦渣基础还不完全一致。

习惯上所谓的瓦渣基础，是用碎砖瓦石片与黄土隔层夯筑而成。《营造法式》卷三筑基条中，对此种做法作了详细介绍，文中说：“筑基之制，每方一尺用土二担，隔层用碎塼瓦及石扎等亦二担，每次布土厚五寸，先打六杵，次打四杵，次打二杵，以上并各打平土头，然后碎用杵辗蹑令平，再攒杵扇扑重细辗蹑，每布土厚五寸，筑实后三寸；每布碎塼瓦及石扎等厚三寸，筑实厚一寸五分。”同一条中又说：“凡开基址，须相视地脉虚实，其深不过一丈，浅止于五尺或四尺，并用碎塼瓦石扎等，每土三分内添碎塼瓦等一分。”此种土内掺碎砖瓦不分层的做法，与南禅寺大殿的基础做法极为相似。

正定县隆兴寺转轮藏殿的基础，是已知瓦渣基础中较早的实例。1954—1956年修理时，对此殿的基础做了部分发掘，发现各柱设石柱础，础下柱基础深约1.5米左右，长宽约为础石的二倍，基槽内自下而上，一层碎砖一层夯土，隔层筑打而成。每柱础石下用碎砖3—5层，厚度10厘米左右，夯土层一般也在10厘米左右，个别厚达50厘米。由于相邻各柱的层次尺寸都不一致，说明它们是属于独立的磉墩式基础（图5-10-3）。

山西芮城永乐宫的三座主要大殿，建成于公元1262年，无极门建成于公元1294年。对它们的基础进行了发掘。四座建筑虽然建成的年代相

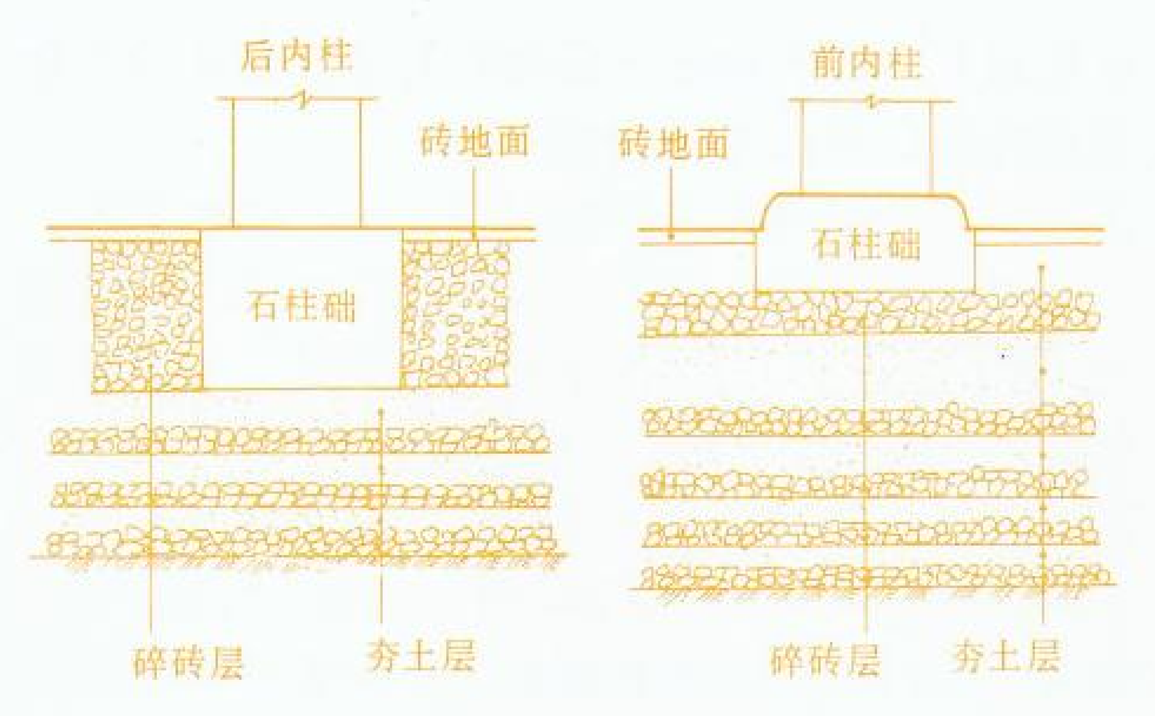


图5-10-3　河北正定隆兴寺转轮藏殿基础示意图

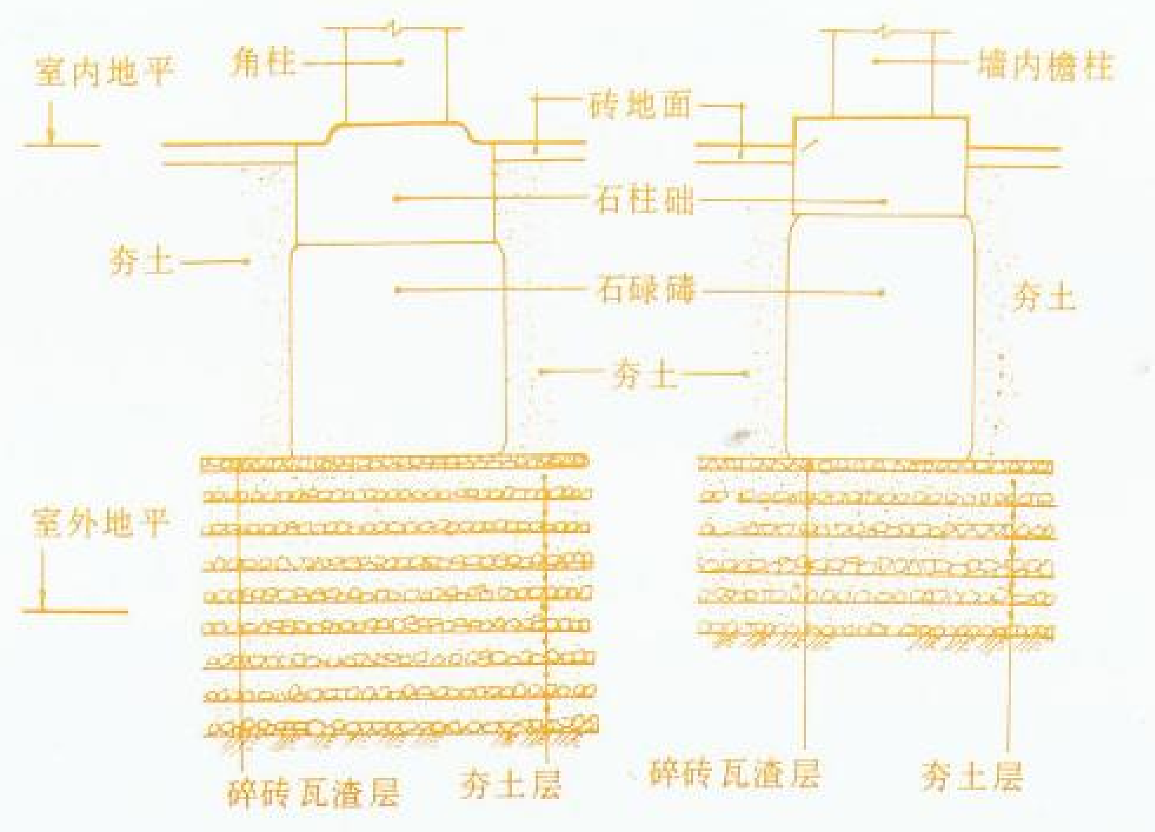


图5-10-4　山西芮城永乐宫三清殿基础示意图

差三十多年，基础做法却完全一致，都是在柱下用磉墩式的基础，与《营造法式》所述基本一致。以三清殿为例（图5-10-4），有几点值得注意的地方。

（1）大殿基座高2.39米，从殿内地平向下计算，角柱基础深3米，檐柱基础深2.47米，檐墙基础深2.13米。各柱磉墩式基础的深度不同，很明显是按负荷轻重不同而定，负荷最重的角柱，基础也最深。

（2）由各柱基础深度的实际尺寸，还可看出最深的角柱基础，仅深入殿外地平以下61.5厘米，墙基底面则在室外地平以上25.5厘米。此种做法可能是借助于较高大的殿基座来保护基础不受冰冻的影响。自建成至拆迁历经七百年的岁月，其基础没有发现不均匀沉陷和断裂的现象，说明这种基础的做法是成功的。

（3）柱基和墙基的深度不同，夯土层数也不同，以每一层瓦渣一层黄土合为一大层计算，角柱为八大层，檐柱为五大层，檐墙为三大层。但各处瓦渣基础的最上部却基本齐平，即都在殿内地平以下约1.6米处。这样，瓦渣基础与石柱础之间尚留有1米左右的空档，以废旧的石碌碡支垫。此种形式与清代砖石垒砌磉墩的作用基本相同。

（4）永乐宫的四座大殿基础的夯土层厚多数为9厘米，碎砖瓦渣层厚多数为5厘米，这些数字都与《营造法式》规定相近。

元代在个别地方用废铁渣代替碎砖瓦渣层，如上海市真如寺大殿（1320年），面阔进深各三间，它的基础是在每根柱下筑打比柱径大约3—5倍的磉墩，长2.4—3米，宽1.8米，深1.8—2米。磉墩是用黄土与废铁渣隔层夯筑而成，铁渣层自下而上逐层减薄，底层厚9—10厘米，顶层仅厚约3厘米。夯土层恰与之相反，自下而上逐层加厚，基座内除磉墩外的空档处，满用黄土夯实（图5-10-5）。

以上诸例说明，使用瓦渣基础的同时，磉墩式的基础形式已经比较固定。此种做法到明代初期修建北京故宫时仍在继续使用，如午门墩台后的地面下基础、北上门的基础，均用黄土和碎砖隔层夯筑而成。

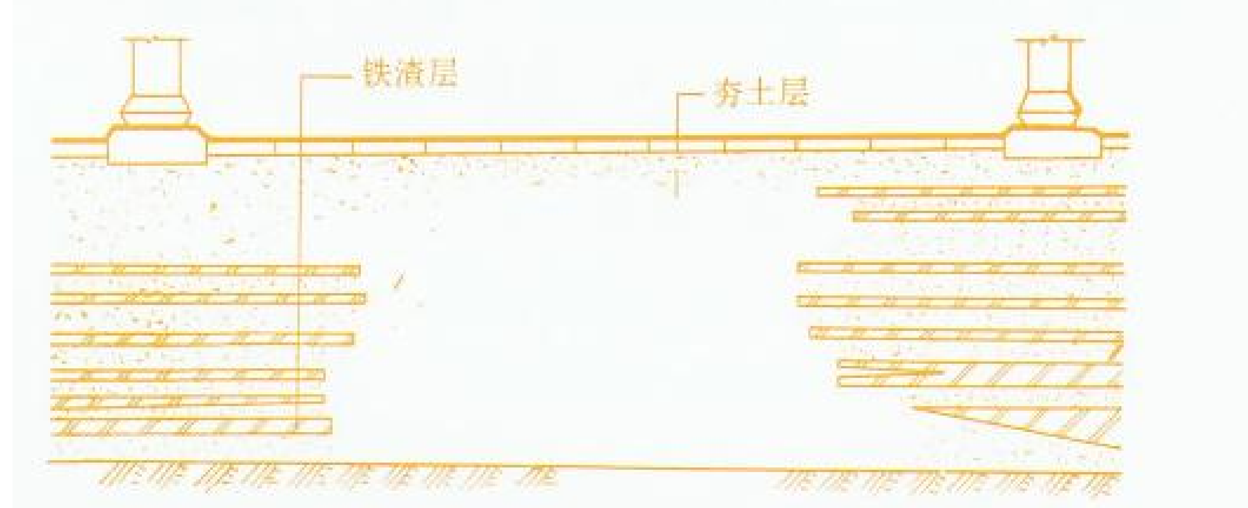


图5-10-5　上海嘉定真如寺大殿基础示意图

三　灰土基础

灰土基础的原料是在黄土内掺和一定比例的白灰，然后依据需要的深度分层夯打而成。在我国的建筑历史中，虽然使用灰土的时期很早，然用于基础则较晚，一般认为始于明代初期，以后逐渐普遍。到清代，灰土基础已成为一般大型建筑物中常用的做法。

北京城墙筑于明代初期，据北城墙发掘资料，城基在地平以下约1.8米，底槽夯实后筑打灰土五层，筑成后每层平均厚16厘米，其上砌条石，出地平后再砌城墙。灰土中所用黄土纯净，掺灰比例较大，比普通建筑中常用的3∶7灰土坚硬。每层上下面较平整，不显夯窝印痕，据传说是夯打后用石碌碡轧平所致。

到了清代，夯筑灰土基础的技术更加改进，施工程序更加复杂。据清《惠陵工程全案》及《官式石桥做法》记载，灰土基础有如下几种做法：

1.灰土基础的分类

按照做法可分为大夯灰土和小夯灰土两种，大夯底径四寸（12.8厘米），小夯底径三寸（9.6厘米）。

大夯灰土：白灰与黄土的比例为3∶7—1∶9，筑打时每步（即每层）虚铺灰土七寸（22.4厘米），夯实厚五寸（16厘米），多用于次要工程及重要工程的填厢部位。

小夯灰土：白灰与黄土的比例为7∶3—2∶6，筑打时每步虚铺灰土七寸五分（24厘米），夯实厚五寸（16厘米），用于重要工程中。根据工程的重要程度又分为二十四把夯、二十把夯和十六把夯等几种不同的规格，夯数越多，夯打越实，质量就越好。

2.复杂的夯筑方法（以小夯灰土为例）

《官式石桥做法》介绍《惠陵工程全案》一段记载：“小夯一槽二十四把，头夯一把用二人打，两

班共四人，二夯二把用二人倒三换共三人，下余二十一把夯，俱一人打”（加上调土、洒水等共用四十人，称为“加活”）。

筑打时“按每十二夯为一落，至二十四夯往前挪一位，次接所打夯印两道平分，每边六寸，再行高夯，头夯至余夯俱二十四夯”，谓之“冲活”。头夯唱号，每一数打夯二下，余夯随唱，即按所打夯印两道平分，每边三寸，行高夯，俱打二十四夯，谓之“踩活”。以上统称为“旱活”。

旱活筑毕开始打“水活”。具体做法是：“先在旱活上铺席，用脚将上面浮土踏平，先洒水花，次落水片，以湿透为度，落水后再墁水活，按旱活层次夯打十二下，先撒渣子一层，打登皮夯一次（夯要斜下，将土皮登开），再打旋夯一次（要夯夫跳跃而打，其渣子随打随撒）。头遍先打流星拐眼一次，次落水花一层及高夯一次，夯要平下，须将拐眼打平，末打旋夯三次，要一面转一面打一次，渣子随打随撒。”

以上的操作称为头遍，以后还要打二遍、三遍，打法同上，“共三回九转为止”。

此种基础做法，确实相当坚固，但这样做太浪费劳力，同时超过了实际载荷的需要。

3.清崇陵隆恩殿的灰土基础

据崇陵工程档案记载，隆恩殿面阔五间，进深三间，重檐歇山顶，台基宽97.1尺（31.07米），深73尺（23.36米），台基露明高6尺（1.92米），深入地平以下4尺（1.28米），连用灰土基础，总计深度（基础挖槽）12尺（3.84米）。殿内有檐柱、金柱等34根。其基础施工顺序大致如下：

（1）在台基的四周各延伸6.5尺，挖基槽深12尺（3.84米），沿台基四周砌拦土墙作为筑打灰土的四边，基槽底用硪拍平后打柏木桩加固地基，先依立柱位置每柱下打9根长15尺（4.8米）的柏木桩。四周石须弥座下密打柏木桩两排，长同柱下桩，其余空档密打长7尺（2.24米）的柏木桩（称为柏木地钉）12,917根。全部木桩头露出槽底5寸（16厘米），用碎石填满。

（2）整个基槽内满打小夯灰土15层，共高7.5尺（2.4米）。

（3）灰土上按立柱位置用条石垒砌磉墩，上承柱顶石，各柱磉墩间砖砌拦土墙，台基四周砌石须弥座，背后用砖满砌。

（4）台基内除去磉墩、拦土墙以外的空档，全部筑打大夯灰土17层，再上即为室内的地面工程（图5-10-6）。这种基础的形式是，底部满堂红式，上部为磉墩式。一般城市居民住宅的基础，最好的做法多使用3∶7灰土，柱基槽深0.6—1米，夯打灰土2—3步，打夯三遍，打硪二遍，俗称“三夯两硪”。然后在灰土上砌筑砖磉墩以承柱顶石，既不打桩，更不泼糯米汁加固。据试验，此种3∶7灰土28天抗压强度为10公斤/平方厘米，三个月后为15公斤/平方厘米，浸水后减少强度1/4；抗冻性能较好，7天冻融抗压强度为4公斤/平方厘米。

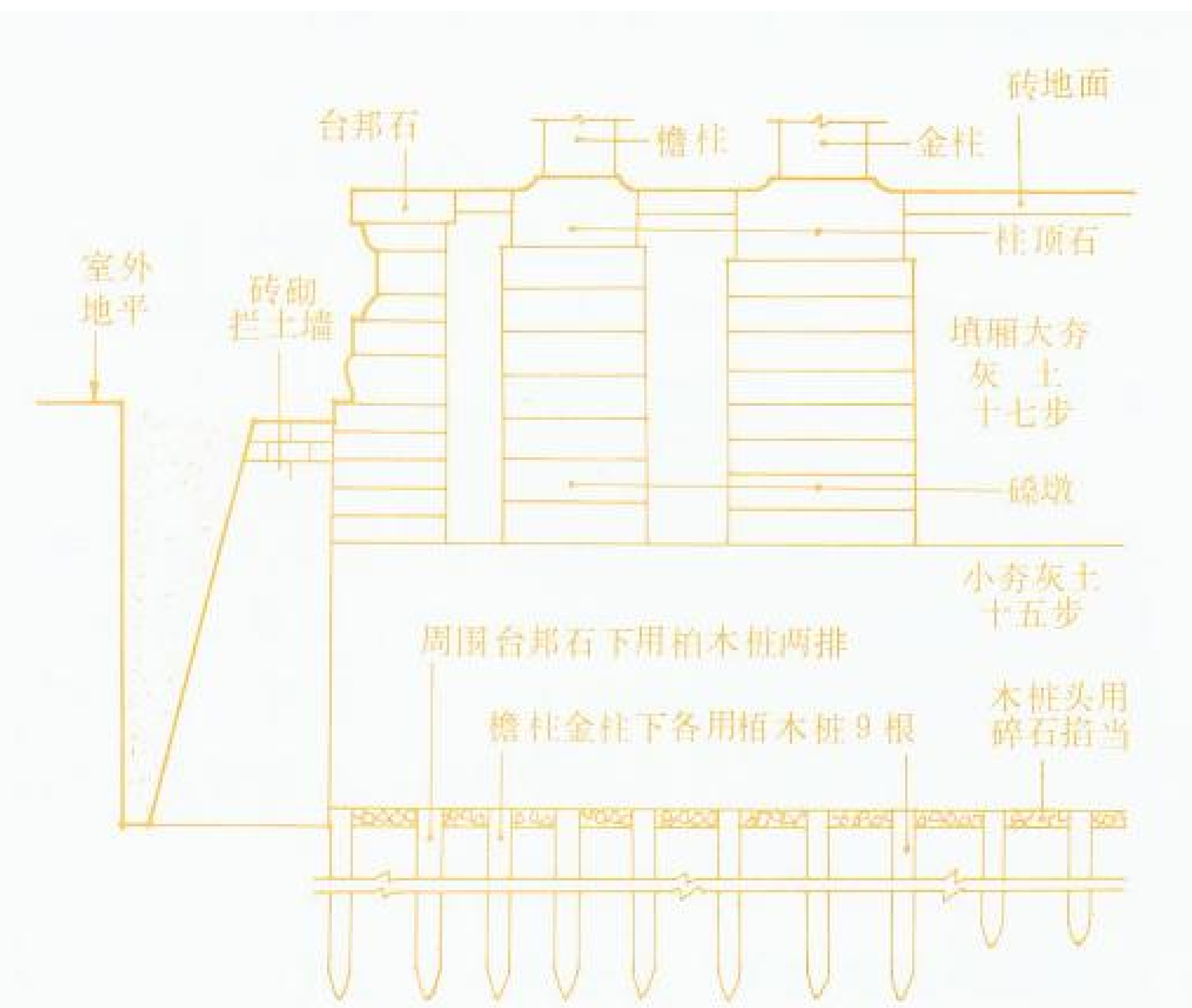


图5-10-6 河北易县清崇陵隆恩殿基础示意图

四 桩基础

地基打桩是加固地基的一种方法，习惯上称为桩基础。

隋代郑州超化寺塔基础打桩的情况记载较为详细。据唐人所著《法苑珠林》卷五十一故塔部记载：“其寺塔基在淖泥之上，西面有五六泉，南面亦有，皆孔方三尺，腾涌沸出，流溢成川。泉上皆下安柏柱，铺在泥水上，以炭、沙、石灰次而重填，最上以大方石可如八尺床，编次铺之，四面细腰，长一尺五寸，深五寸，生铁固之。近有人试发一石，下有石灰，乃至百团，便抽一团，长三丈径四尺，现在。”

《营造法式》卷三筑临水基条云：“凡开临流岸口修筑屋基之制，开深一丈八尺，广随屋间数之广，其外分作两摆手，斜随马头，布柴梢令厚一丈五尺，每岸长五尺钉桩一条（长一丈七尺，径五寸至六寸皆可用），梢上用胶，上打筑令实（若造桥两岸马头准此）。”

上述两条记载打桩的方法与清代做法基本一致，只是记录简略，不能说明它的细部处理情况。

现存木结构建筑中的桩基础，应以山西太原晋祠中心的一组建筑为最早，它们是北宋天圣年间（1023—1031年）建的圣母殿、鱼沼飞梁和金代天会八年（1130年）建的献殿。中间的鱼沼飞梁是一座十字形的石木结构的桥，鱼沼内清泉涌流。三座建筑物的基础都打有木桩，至今其基础均未发现不均匀沉陷，也没有发现翻修基础的迹象，足证其桩基础相当牢固。

据清工部《工程做法》等有关文献记载，桩基础的做法大致如下：

（1）遇有地基松软或临水建筑时，地基使用木桩加固，所用木桩以柏木、杉木及红松木较好，木桩中径小且短的称为“钉”或“地钉”。

（2）常用的打桩式样有以下几种：

梅花桩：每组打五根桩，又称“聚五”，排列形式如梅花五瓣，常用于柱基下。

马牙桩：每组打三根桩，又称“三星桩”，排列形式如马齿相错。

排桩：根据需要可以单排、双排或多排，多用于台基边缘或临水驳岸。

（3）打桩的方法，一般是用铁硪拍打入地，较小的地钉仅用铁锤打击。为防止打桩时击坏木桩，还要在桩头安铁箍，桩兴安铁箍帽，桩头露出基槽空档用碎石填充，并灌灰浆使之坚实。

五 普通住宅的浅基础

1.石基础

石基础大致可分为三种：

（1）条石基础：多用于南方江浙一带的高大房屋中。《营造法原》地面总论对此有较详细的记述：“筑础掘土谓之开脚，开脚之深浅视负重之多寡而定。柱下较墙壁负重为多，开脚亦深。其法先铺三角石，以木夯夯之，谓之领夯石。其上覆石多皮，以覆石之多少称一领一叠石，一领二叠石，一领三叠石。叠石之上四周驳砌石条，称为绞脚石，以石料之整乱，分塘石及乱纹绞脚石。或以砖砌，谓之糙砖绞脚。”

（2）片石基础：各地山区常用此种做法。沿墙身立柱处挖槽，槽底夯实后用片石干砌，或掺灰泥浆，一般情况是基础砌出地平与基台联成一体。

（3）卵石基础：陕西省长安县有些地区用卵石做基础，基槽深宽各约60厘米，底用铁锤打实，填进河卵石，然后用黄土填充空隙，有的还加一些碎砖并用泥浆灌实，夯打后上边即砌勒脚。

2.利用自然地基不挖基槽

（1）原土基夯实：西安市草滩镇为沙滩地，土质差，一般基础不向下挖，仅在地面层用铁锤打实后立即砌墙立柱。此种基础根据最近几年我国地震地区对沙质地基液化问题的分析，认为荷载比较轻的房屋，从抗震角度考虑，遇有此种地基时，不挖或少挖，充分利用表层土做为持力层，效果是良好的。许多山区直接利用坚硬的岩石做为基础，一般仅在建筑范围整平后就可以立柱垒墙。

（2）掺沙基础：这是辽宁海城一带的一种基础做法。基槽深约1米，宽约0.7米，用中沙分层填入槽内，每层厚约20厘米，填沙后往基槽内灌水，使沙密实，这种方法称为掺沙。掺沙2—4层（40—80厘米），上面砌片石墙。这种基础经1975年2月4日强烈地震后检查，没有发现不均匀沉陷。

通过以上几例，可以看出这些做法大都是因地制宜，经济适用的，它们的形式都属于基槽宽、深度浅的浅基础。处于强烈地震区的以上基础做法，经震后调查证明，除干砌石片的一种做法外，其余均未发现严重沉陷和断裂，说明都具有一定抗震能力。

六 柱础

柱础是置于柱基础之上承托柱子的构件，我国古代木构建筑物的柱础，从已有的资料证明，绝大多数都是用石料做成的，故又称础石或柱顶石，南方各地习惯称为“磉”。

柱础的作用，一般说来有三点：第一是防潮。使用石料可以减缓地下湿气侵入木柱的根部，防止木柱糟朽。第二，在结构上可以将柱子的集中荷载更加均匀地分布到柱础上。第三，在施工中它又是地面找平的主要依据，如古代木结构施工中，筑打基础后，在安装柱础时要仔细地进行抄平工作。因为安装木构架或铺墁地面都要以柱础顶面做为测量中找平的依据，所以柱础可以说是施工中的临时水准点。《营造法式》把柱础的抄平工作列入定平项内，应是从实践中总结出来的。

使用柱础的时代，至迟可以上溯到奴隶社会。河南二里头早商时期的宫殿建筑中，柱洞下部就垫有一块或三、四块自然石以承木柱柱根，这些石块实为柱础。在这一时期，使用柱础还不普遍，例如藁城台西商代中期的建筑遗址中，柱洞里有的垫石质或陶质的柱础，有的仍保持原始社会的办法，用碎石夯填加固[3]。随着木构建筑的进步，木柱完全升到地面以上时，柱础就成为建筑构造中不可缺少的构件之一。

最早发现的柱础都是利用天然石块或略加凿平。西安郊区发现的辟雍遗址中出现打制方整的素平柱础石，此种式样一直延续下来，唐、宋、元许多古建筑中均使用这种柱础。近代农村中，一般建筑也还使用这种式样。汉代画像石及石墓、石祠中出现了高出地面的柱础，有的用一个倒置的大斗。南北朝时期出现了制作规整的覆盆式柱础，周围雕刻莲瓣。明代时又出现了高出地面部分凿成枭线的柱础，称为古镜式，它与覆盆式的混线恰恰相反。不过，古镜式的柱础都是打磨光洁，不加雕饰（图 5-10-7）。与此同时，在南方的许多木构古建筑物中，多使用尺度较高的柱础。表面雕刻花草鸟兽，各地匠师互相争奇斗艳，成为引人注目的建筑装饰（图 5-10-8）。

在殷墟曾发现柱础上使用柱櫍的情况（即在柱础上垫一块铜质的柱櫍），可能是为了更好的防潮。唐宋时期的柱櫍多为木制，明清时期南方诸建筑中多用石柱櫍，称为磩磴。石柱櫍与柱础同时成为显示匠师们雕刻技术的构件之一。

1. 柱础

从发掘的实例看，元代以前的柱础，有不少是直接放在夯土或瓦渣筑打的基础之上，如河北正定隆兴寺转轮藏殿内柱柱础。元代建筑中发现了在瓦渣基础与柱础之间垫以石块的例证，如永乐宫三清殿，这是利用石碾上的旧碌碡安置于此的。明清时期重要建筑物的柱础与灰土基础之间，大多数都增加用砖或石垒砌的磉墩，在金柱下的称为金磉墩，廊内二个磉墩相连称为连二磉墩，转角处四个相连的称为连四磉墩。此种柱基础系由柱础、磉墩和灰土基础等三层组成。独立的柱基础俗称"磉墩式"。清工部《工程做法》还规定，在各个独立磉墩之间还要另砌卡墙，高与磉墩相同，宽度稍窄，称为"拦土墙"，在拦土墙之上有墙处砌"衬脚"，无墙处砌"柱顶当"。

柱础的规制，基本上都是方形，每边的尺寸比柱根直径大一倍左右。《营造法式》规定"造柱础之制，其方倍柱之径"。柱础的厚度依每边尺寸大小规定如下：

柱础每边尺寸	柱础厚度
1.4尺以下	"每方一尺厚八寸"
3 尺以上	"厚减方之半"
4 尺以上	"以厚三尺为率"

2. 柱櫍

柱櫍的规制，根据《营造法式》规定："凡造柱下櫍，径周各出柱三分，厚十分，下三分为平，其上并为欹，上径四周各杀三分，令与柱身通上匀平"。

现存常见的柱櫍，多用石料做成，置于石柱础之上，连同柱础都雕刻花纹。据《营造法式》记载，此种石柱櫍称为磩磴，它的规制是"高按柱径七折，面宽或径按柱每边各出走水一寸，并加胖

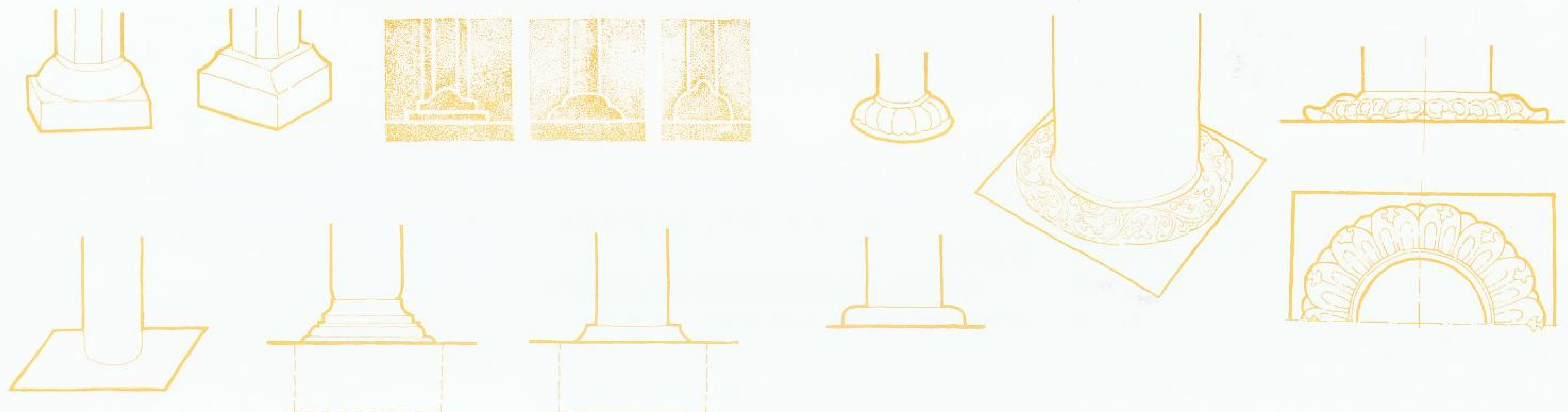


图5-10-7 柱础之一

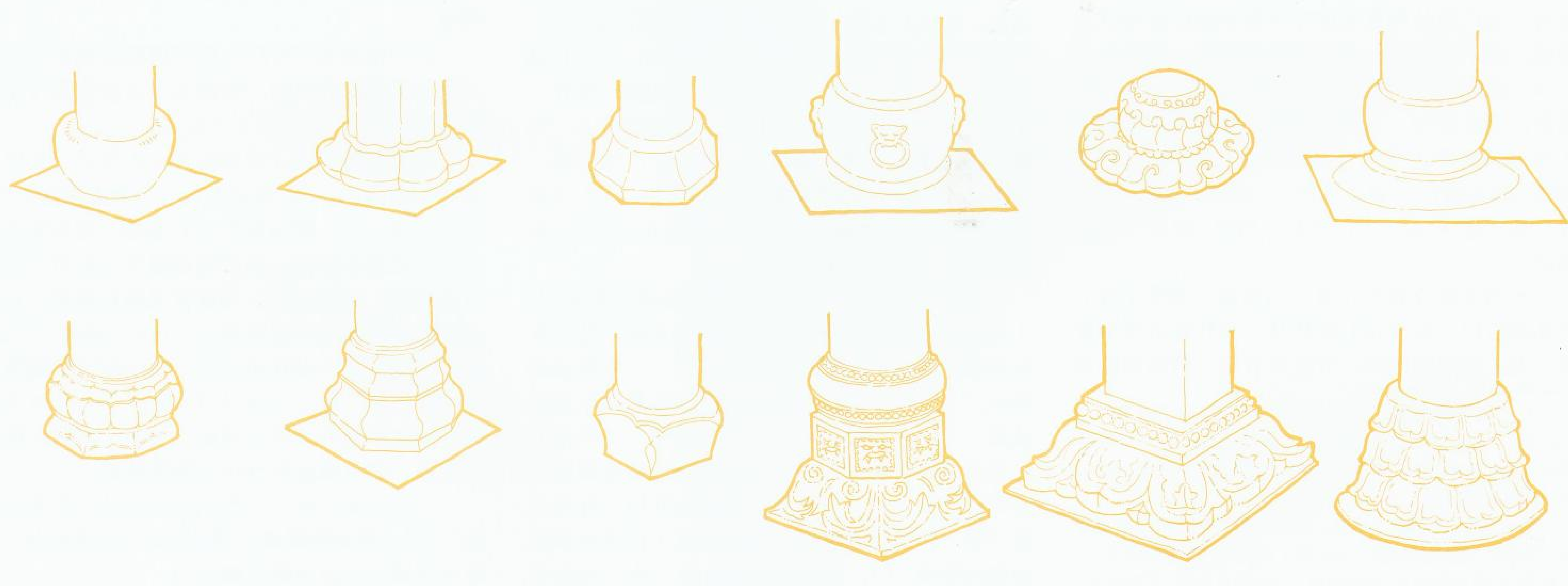


图5-10-8 柱础之二

势各二寸”。

殷代的铜柱櫍主要是为了防潮。石柱櫍实际上是将柱础升高，防潮作用更好一些。唯有使用木质柱櫍作为防潮的实际效果并不显著。在古建筑调查中发现，有的古建筑在过去修理时，在石柱础之上，于柱根处垫以木墩或石墩，尺寸与柱径一致，不注意会被误认为柱櫍。实际上它是由于柱根糟朽，在修理过程中用此法墩接根柱，节约了工料，延长了原来旧木柱的使用年代。此种办法在今天修理木构古建筑中，也是经常被采用的措施之一。由此推断，木柱櫍的使用，最初可能是修理工作中的一种措施，日久在立柱时预加此构件，外表做些艺术加工，逐渐形成一种制度。但由于木櫍本身的高度太低，仅为十分，即相当于斗栱中一个栱子的厚度，最大不过20厘米左右。按此规定，施工中所选用的木料，无论是横纹或顺纹都不能保持受压后不变形，因而后代很少使用木櫍而改用了石柱櫍。

第十一节 附竹结构建筑技术

竹建筑在我国已有悠久历史，主要是竹材在南方各地出产极丰富，分布也很广，是一种多产而价廉的建筑材料。竹本身有许多优良性能，如质地坚韧，富有弹性，自重很轻等。从力学角度看，竹的杆身为圆柱形壳体，是一个理想的结构物，无论受弯或偏心受压时，都是良好的材料。但竹有虫蛀、开裂、易腐、易燃等缺点，又因其为管状截面，带来了连接技术上的困难，因此到今天整体用竹结构的建筑物已逐渐被淘汰。不过，在竹构建筑的发展过程中还是获得了不少的经验和成就。

我国自古以来就有不少学者对竹的种类进行过研究，据晋戴凯之《竹谱》所述，竹类有五十余种，宋赞宁《笋谱》又分为八十五种。其他如元朝李衎的《竹谱》等书，也均有详细分类论述。到目前为止，据调查我国竹的种类已有一百七十余种，如连同变种可达二百余种。

竹主要分布在南方各地，其中产量最多的是毛竹，它广泛分布在长江中下游和浙江南部以及福建、两广的山区。其杆身圆直中空，高约6—15米，直径约10—20厘米，肉厚坚实，表皮光滑，外附白色蜡质层。毛竹生长快，成林早，是建筑上常用的栋梁之材。毛竹属中另一种柟竹（或称枏竹，俗称楠竹），盛产于四川、湖南、湖北等地。其杆高可达10米以上，节稀、肉厚，也适于建筑用材。

竹的各部分各有许多不同用途。建筑工程上所用的竹材，即采自竹的杆身。竹杆壁近根处最厚，至上部逐渐减薄。竹壁分竹青、竹肉和竹黄三部分。竹肉是杆壁中间的木质组织；竹青是杆壁的外侧部分，即表皮，组织紧密，质地坚硬而张韧，表面光滑，内含有叶绿素呈青绿色；竹黄是杆壁的内皮，组织较疏松，质地也脆弱，一般呈淡黄色。在竹结构工程中，有时为了显示外观华丽，每有竹材展开摊平制成竹板的做法，以内皮向外俗称“翻黄”。竹的杆身每隔相当距离都有明显的节，称为结节，节上有环，略微突起；节的内部有横隔膜一层，称为节膜，它在整个竹杆中主要起防止竹杆纵向开裂和屈杆的作用，并具有增加杆身强固的功能。竹的梢部一侧有沟，俗称水斑（图5-11-1）。

据文献记载，我国在汉代时已用竹建造宫殿。汉武帝时，利用云阳甘泉山秦代林光宫旧址扩建

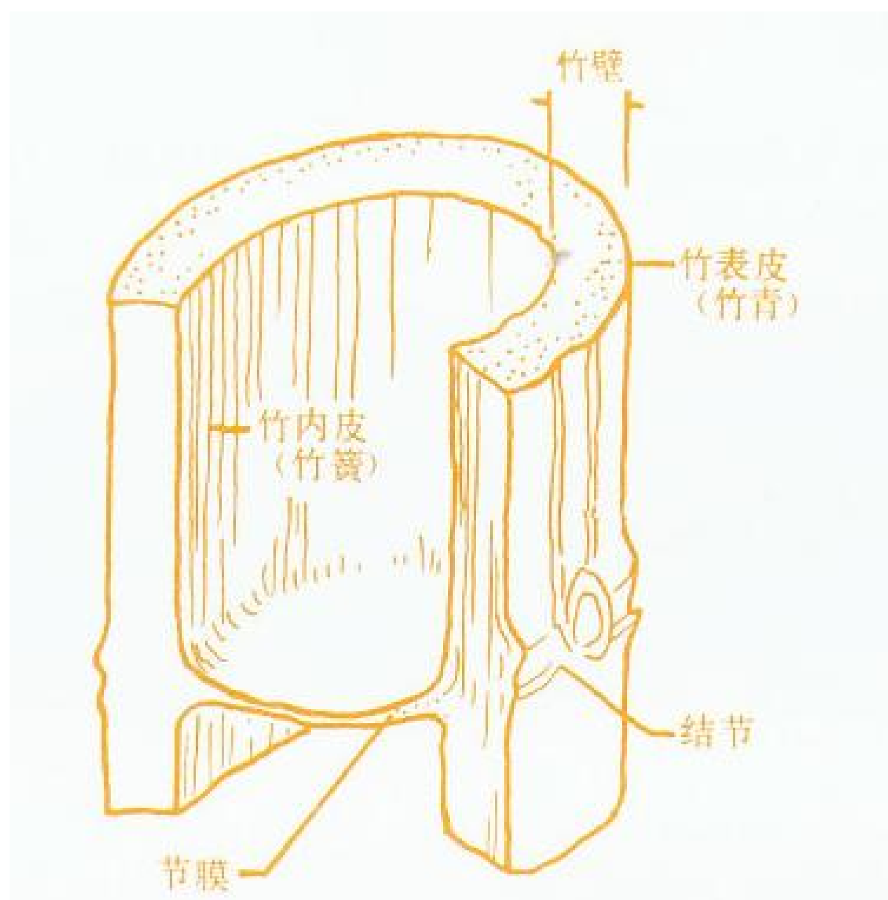
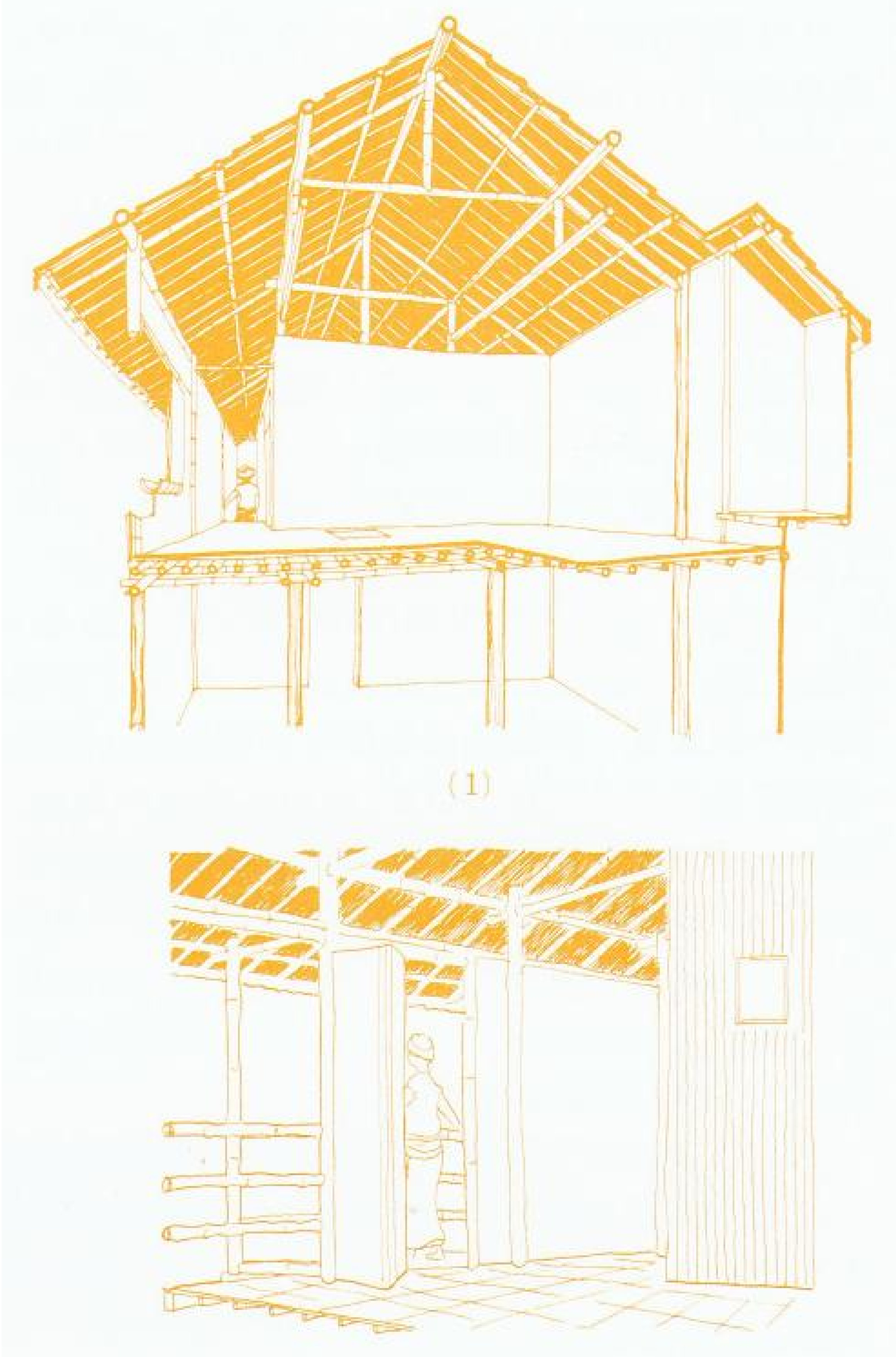


图5-11-1 竹林构造图

甘泉宫苑囿，于元封二年（公元前109年）建有祭祀太乙之神的通天台，在其附近用竹造了一座“竹宫”[1]。甘泉宫周围十余里，是离宫性质的一组建筑群。

竹在建筑工程上的应用范围很广，除宫室外，还用于桥梁、水利、给排水管甚至军事城防等。房屋上可以全部用竹为料，如汉代的竹宫，园林中的亭、榭、竹棚之类；也可以局部用，如屋架（梁、柱）、屋面（桁条、椽、瓦）、墙面、地面、平顶、装修以及施工用的鹰架、脚手板等。竹经过剖、劈加工之后，还可用作联系材料，如竹索、竹钉之类。宋《营造法式》竹作制度中，就有竹笍索一项，文云：“造绾系鹰架竹笍索之制，每竹一条劈作一十一片，每片揭作二片作五股辫之，每股用篾四条或三条，造广一寸五分、厚四分，每条长二百尺，临时量度所用长短截之。”宋李有《续博物志》说用蔓竹制最佳，因蔓竹“青皮、肉白如雪，软韧可为索”。

竹钉一物由来已久，清李斗《扬州画舫录》卷十六云：“梅花厅，奇石为壁，两壁夹涧，壁中有第五泉。昔时剖竹相接，钉以竹钉，引五泉水贮僧厨。”1957年6月苏州市博物馆在修理建于后周显德六年至宋建隆二年（公元959年—961年）之虎丘云岩寺塔时，曾在该塔第四层墙壁泥灰中发现钉有不少长4.5厘米不等之毛竹钉，钉形上粗下锐，帽头绕有麻丝，其作用在于拉紧灰泥和砖的粉刷面〔4〕。但竹钉不易保存，故各地遗物甚少。



（1）

（2）

图5-11-2 云南傣族竹构住宅

（1）竹构剖视

（2）室内一隅

民间竹结构是丰富多采的，以房屋而论有一层也有多层；多层者称“竹楼”，它的历史很久，唐刘禹锡“淮阴行”的诗中有“簇簇淮阴市，竹楼缘岸上”句。至今我国云南傣族等少数民族地区所住的房屋，犹多用竹构成[2]，经济美观，精巧实用（图5-11-2）。试分论之：

（一）房 舍

除整座房屋用竹建造外，更多的是将竹用在建筑物的组成部分上，如屋架、椽、瓦、墙、竹饰等。

（1）竹屋架：竹材在房舍建筑局部构件应用上最主要的是竹屋架，竹棚基本上也就是竹屋架的一种形式。

木屋架的形式，有立帖式、人字式。竹屋架与木屋架基本一样。屋架用柱，当须采用直径大、杆身挺直的竹。横向构件“川”或梁，则可采用竹片或直径较小的竹。前者用两根半爿毛竹对夹于竹柱两侧，以钉钉牢，再以竹篾捆扎即成。后者用整竹与柱作十字形交接时，可用“穿接”方法，先在竹柱上开一对穿的孔眼，然后将“川”横贯插入（图5-11-3）。至于人字形的，上下弦可采用单支竹或数根竹片拼合组成。另外，如做成拱形竹屋架，则更能发挥竹材的物理性能。

（2）竹椽：唐方千里《竹室记》有“撑者为榱桷”之说。榱桷即屋椽。榱断面呈方形的名桷。古时每用篁竹或篔竹做屋椽。

在南方亭榭建筑中常用竹椽。如伏滔《长笛

1）《三辅黄图》载：“竹宫，甘泉祠宫也，以竹为宫，天子居中”。宋敏求《长安志》卷四云：“竹宫，汉书曰，武帝用事甘泉圜丘，昏祠至明，夜常有神光，光如流星止集于祠坛，天子自竹宫而望拜”。

2）少数民族地区之竹楼，自古已有，明朱孟震《西南夷风土记》说：“所居皆竹楼，人处其上畜居下，苫盖皆茅茨”。又景泰《云南图经志书》记述傣族人因“其下土湿，夜寒昼热，多濒江为竹楼以居”。

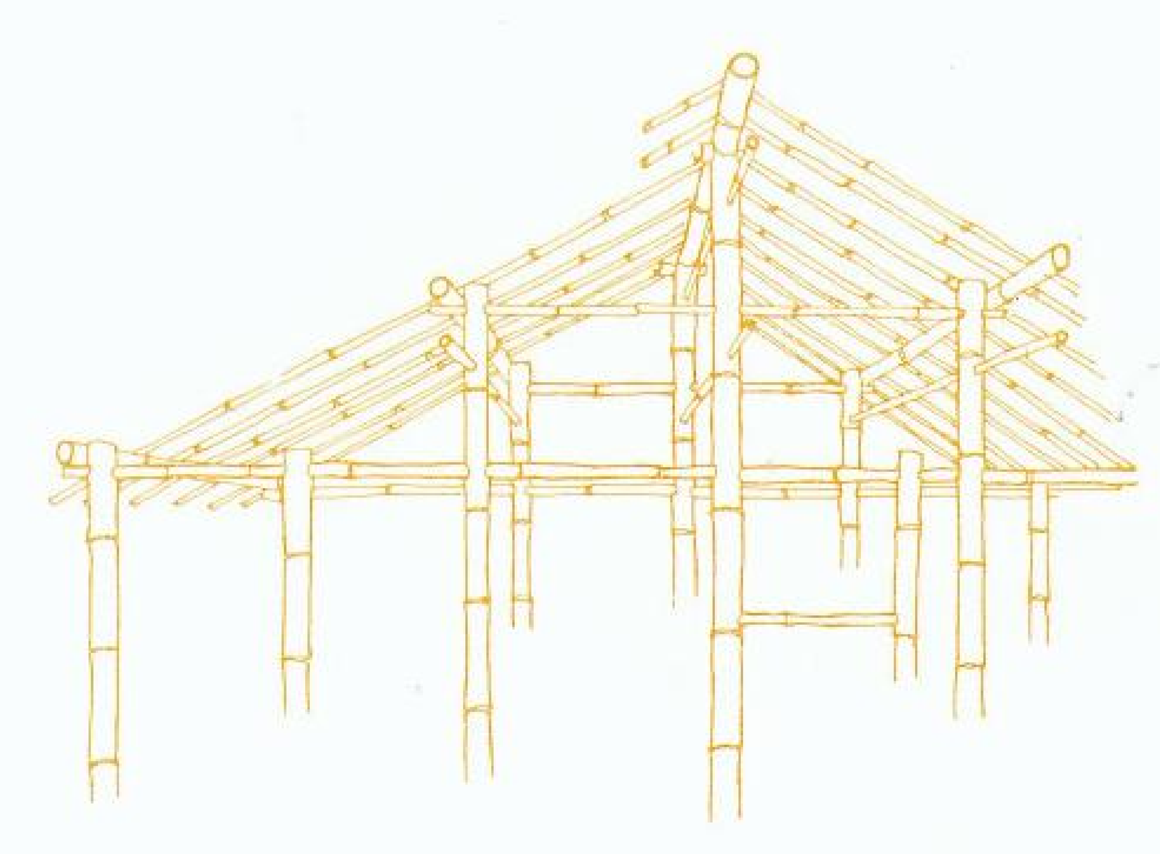


图5-11-3 竹构架示意图

赋》序云："蔡邕避难江南，宿于柯亭，柯亭之馆以竹为椽，仰而眄之曰：良竹也。取以为笛，奇声独绝"，故后人也叫笛椽（柯亭在今浙江绍兴）。宋苏轼有诗云："竹椽茆屋半摧倾，肯向蜂窠寄此生"。

根据经验，竹椽以用野生竹最为坚韧。叶梦得《岩下放言》记云："竹殊易种。但如欲为用，不如瘦瘠地硗确非人力所营，或崖谷间自生者。其质坚实而肉厚，断之如金石，以为椽，常竹十岁一易者，此倍之。"

（3）竹瓦：用竹子劈开制成竹瓦作为屋面覆盖材料由来已久。宋赵彦卫《云麓漫钞》引房千里《竹室记》云："环堵所栖，率用竹以结其四角，植者为柱楣，撑者为榱桷。王元之《竹楼记》盖其余意。予常至江上见竹屋，截大竹长丈余，平破，开去其节编之。又以破开竹覆其缝，脊檐则横竹夹定。下施窗户与瓦屋无异"。

制造竹瓦要选择直径较大、生长年龄至少有四年、杆身挺直硬朗的毛竹。制造时先将竹子按照需要的长度锯取。竹瓦之长应视屋面的斜向长度而定，但最好以丈余（4米左右）为度。否则屋面过长，由于竹子直径有一定限制，排泄雨水不爽，易造成屋面漏水现象。锯取后的竹段，对劈成二片半圆竹，然后剖去其节，将膜除掉即成竹瓦（图5-11-4）。铺盖时先将一条条竹瓦（底瓦）向上仰列，在二瓦之间另用一条竹瓦（盖瓦）覆盖，与桁条固定。屋脊上二瓦相接处则用一条直径较大的竹瓦覆盖，作为脊瓦。此即赵彦卫文中所说的"截大竹长丈余，平破，开去其节编之。又以破开竹覆其缝，脊檐则横竹夹定"之意。竹瓦的优点是自重轻、房架各部结构用料尺寸可以减小，造价低廉。缺点是耐久性较差，必须经常加工维修。宋王禹偁《黄冈竹楼记》中也说："竹之为瓦仅十稔，若重复之得二十稔"，意思是用竹盖屋只有十年可用，若重新翻盖一下，即能用上二十年。

（4）竹墙：宋《营造法式》卷十二竹作制度列有造笆及隔截编道作法，文中说："造殿堂等屋宇所用竹笆之制，每间广一尺，用经一道。每经一道用竹四片，纬亦如之。殿阁等至散舍如六椽以上所用竹，并径三寸二分至径二寸三分。若四椽以下者，径一寸二分至径四分。其竹不以大小，并劈作四破用之。""造隔截壁桯内竹编道之制，每壁高五尺，分作四格。上下各横用经一道。格内横用经三道，至横经纵纬相交织之。每经一道用竹三片，纬用竹一片。若栱眼壁高二尺以上分作三格。高一尺五寸以下者，分作两格。其壁高五尺以上者，所用竹径三寸二分至径二寸五分。如不及五尺及栱眼壁屋山内尖斜壁所用竹径二寸三分至径一寸，并劈作四破用之。"

云南等地区，民间建筑盛行用竹篾编成墙身和山尖部分，更突出了竹制品纹样的图案化（图5-11-5）。

（5）竹网：古代木构建筑为了防护，每在宫殿檐栱、窗牖等处张以网形物，使虫雀不得穿入殿去。此网形物有用铜丝或其他可卷之材料制成，也有用竹制成。宋《营造法式》卷十二记述"竹雀网眼"的做法是："造护殿阁檐斗栱及托窗棂内竹雀眼网之制，用浑青篾每竹一条，劈作篾一十二条，刮去青，广三分，从心斜起以长篾为径，至四边却折篾入身内，以短篾直行作纬，往复织之。其雀眼径一寸，如于雀眼内间织人物及龙凤华云之类，并先于雀眼上描定，随描道织补。施之于殿檐斗栱之外，如六铺作以上即上下分作两格，随间之广分作两间或三间，当缝施竹贴钉之，其上下或用木贴钉之。"

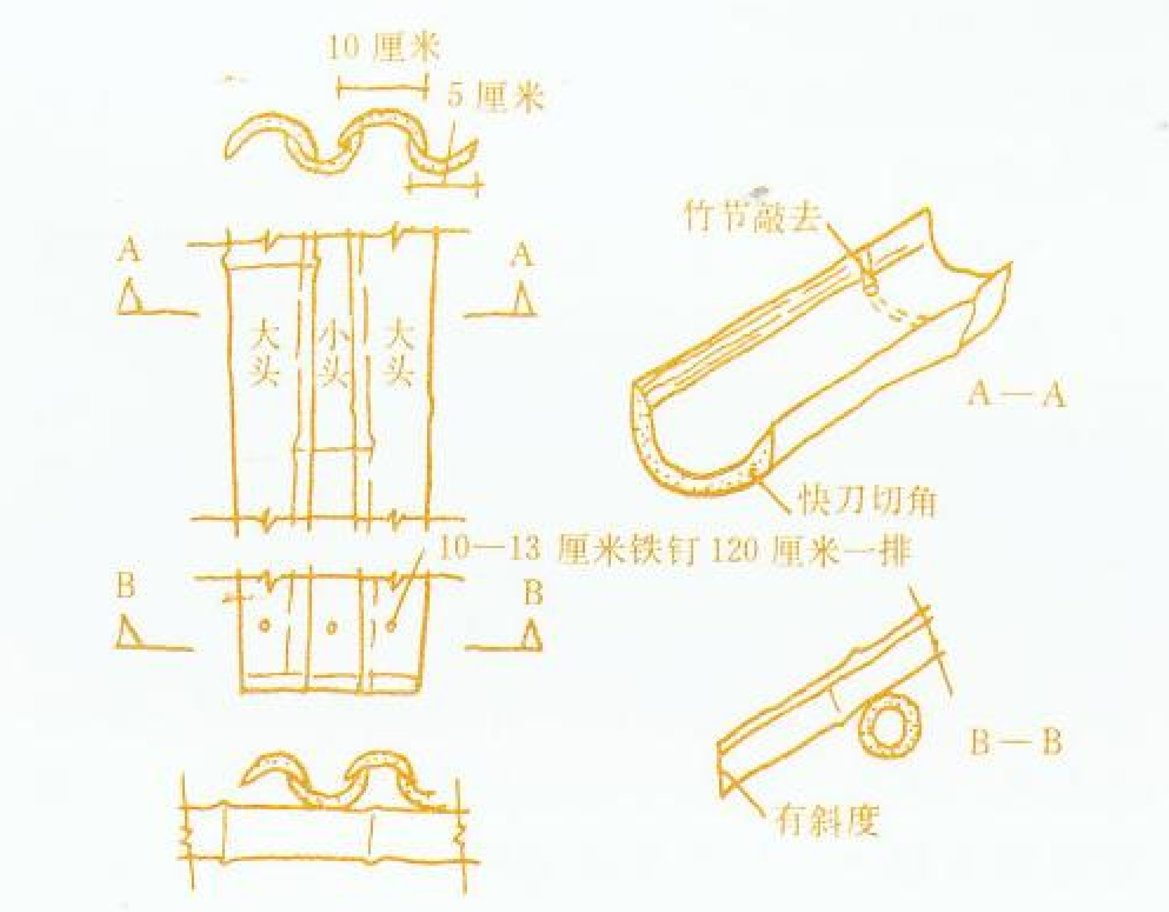


图5-11-4 竹瓦详图

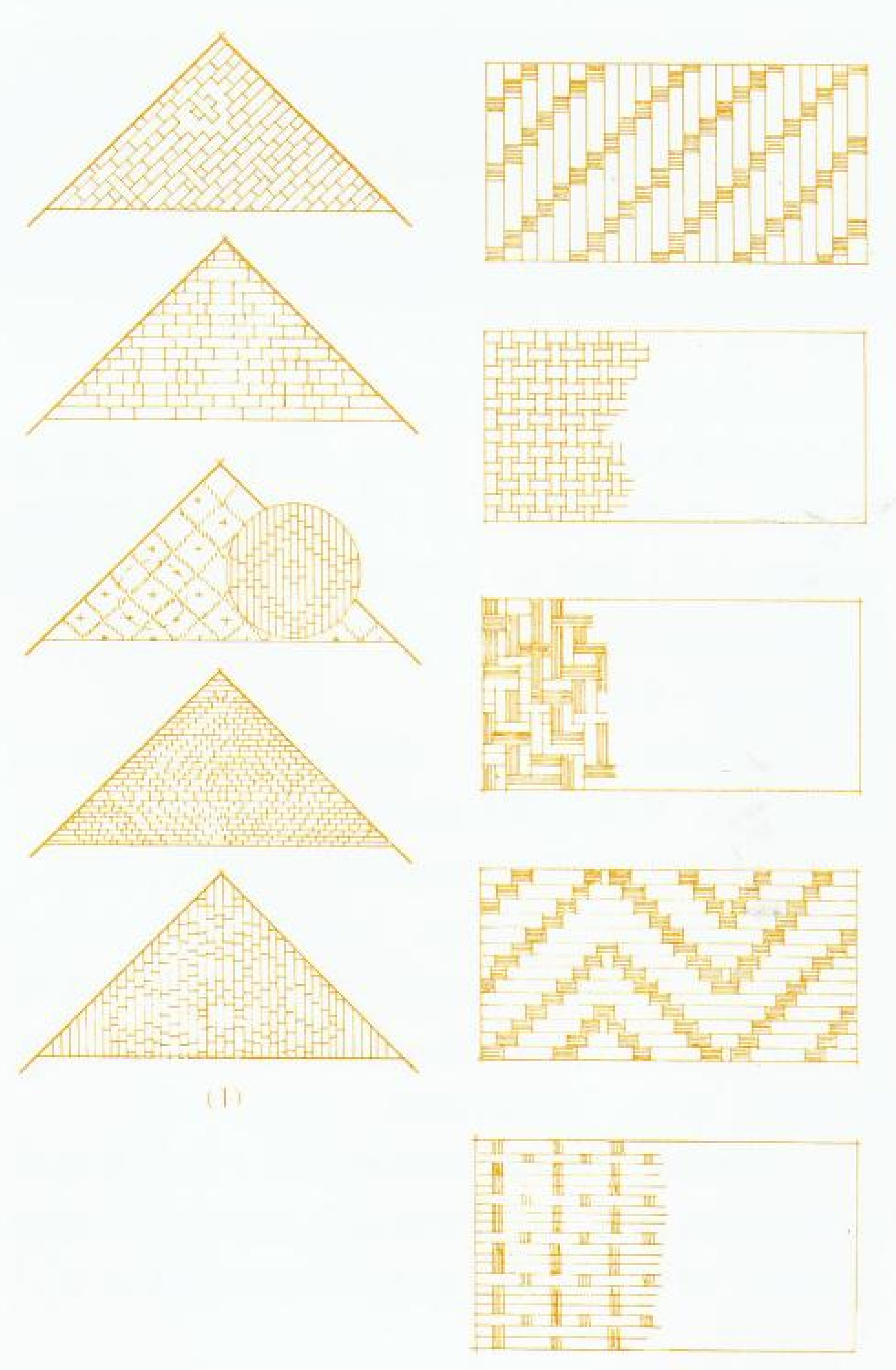


图5-11-5 竹编墙竹篾编纹示意图

（1）山尖部分；

（2）墙面部分

（6）竹饰：竹材是富于装饰的材料，无论在形态、花纹或色彩上都有它的艺术性。在古代用竹材做装饰的例子很多，如明顾亭林《历代帝王宅京记》卷十二说："邺城南城，大海之北有飞鸾殿，其殿十六间五架。青石为基，珉石为柱础，镌作莲花形。梁栋、楹柱皆包以竹，作千叶金莲花等束之，其上舒叶长一尺八寸。斑竹以为椽，织五色簟为水波纹以作地衣……"飞鸾殿的遗址在今河南临漳县境。飞鸾殿的"梁栋、楹柱皆包以竹"，说明那时竹材已用在装饰上了。斑竹盛产于我国湖南、广西省境，俗称"湘妃竹"，因竹上花纹斑斑有如泪痕，又称"泪竹"，在竹材中是比较名贵的一个品种。

装饰用竹除斑竹外还有对青竹，宋赵溍《养疴漫笔》引《成都古今记》云："对青竹，竹黄而沟（俗称水斑）青，故每节若间出。此竹今浙中亦有之，惟会稽颇多，彼人呼为黄金间碧玉"。《华阳国志》云："成都有竹名对青，半青半紫，二色相映可爱"。

竹材除装饰房屋构件外，还用于桥亭，《扬州画舫录》卷十三说："梅岭春深即长春岭，在保障湖（今瘦西湖）中。岭在水中架木为玉板桥，上构方亭。柱、栏、檐、瓦皆裹以竹，故又名竹桥。"在工程技艺上，它采用"翻黄法"以显华丽。同书续载道："湖北人善制竹叶青用黄，谓之翻黄，与剔红、珐琅诸品同其华丽"。所谓"翻黄"，就是在竹制品的手工艺生产中，把竹内皮（竹黄）展开成竹板的做法。首先截取竹材的节间部分，将其四周竹青劈去，再将竹黄衬在圆柱体上，以滚刨刨薄，割开为二（图5-11-6），然后放入沸水中烧煮，或者放在火上烘炙，上面不断洒水亦可。竹黄经煮沸后质地渐变柔韧，乘热涂上胶液，使二片竹黄相背胶合，或用一片竹黄与薄板胶合，再夹入二块平板之间，用重力压之，经过24小时冷却后即可保持平服。

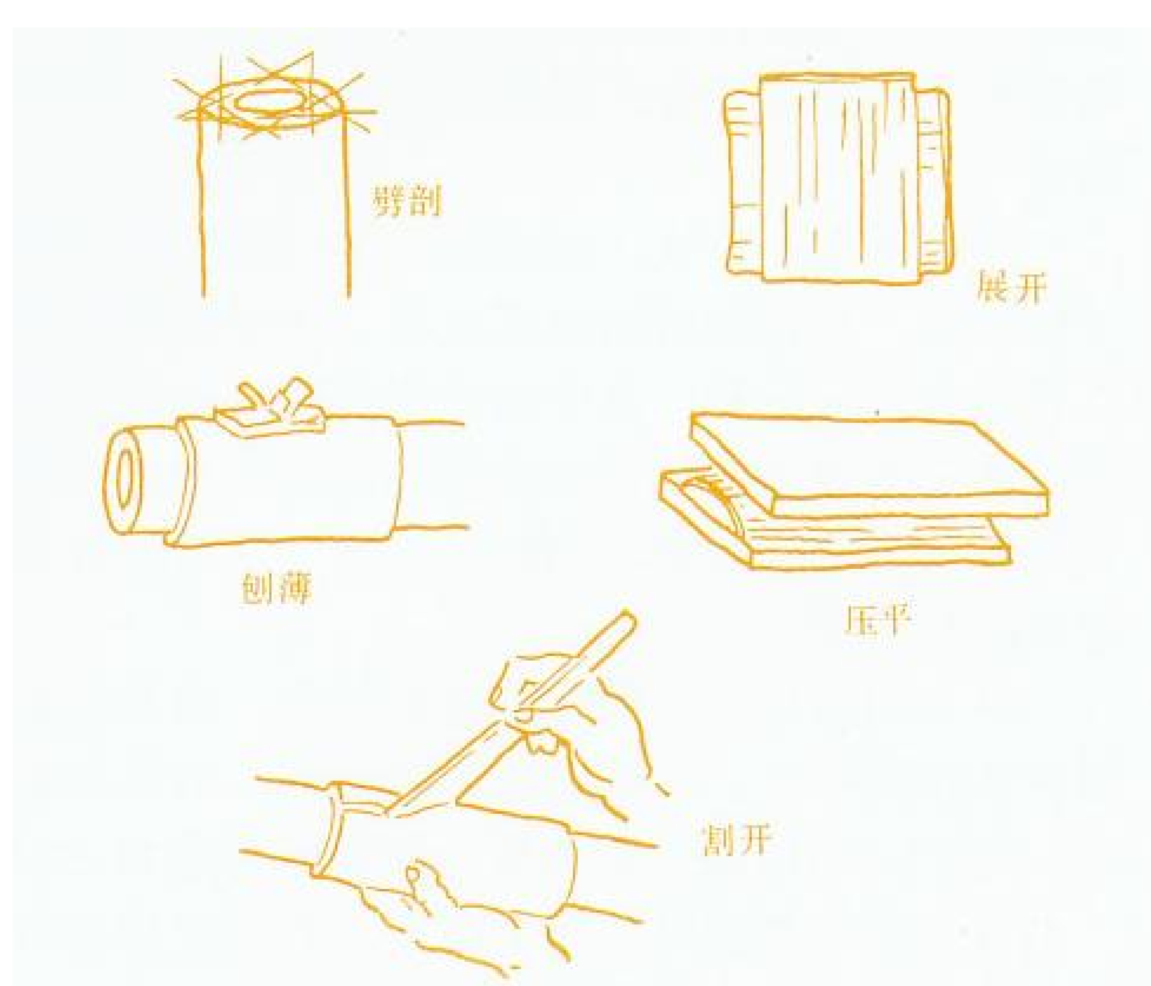


图5-11-6 竹材翻黄工序

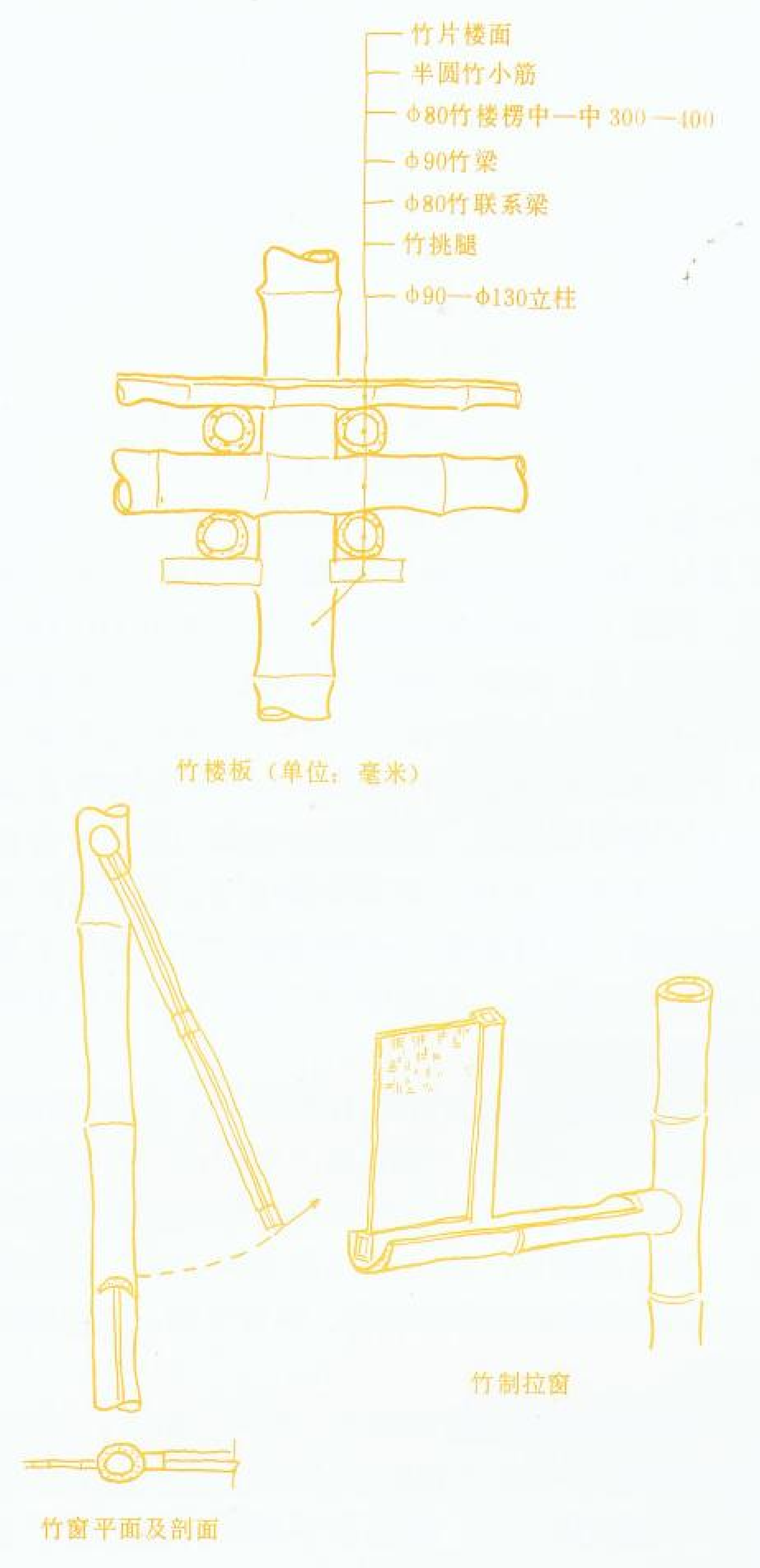


图5-11-7 竹楼板及竹窗图

竹材还可装饰墙门。依照绍兴所见竹门做法，是在木板大门的外面加钉横条竹片，再以黑漆油饰。苏州、皖南一带，亦有此法（图 5 -11-7 ）。

(二)桥　　梁

用竹材构筑桥梁在我国南方产竹地区虽民间早已采用，但一般只能建在河面较狭处，或作为临时性架渡之用。至于在中原地区采用竹桥，首先出于军事上的需要。如《水经注》卷十八渭水条载诸葛亮表文云："臣遣虎步监孟琰据武功水东，司马懿因水涨攻琰营，臣作竹桥越水射之，桥成驰去"。

到了南北朝时代，西域盛行过"引绳而渡"的一种绳桥，在我国西南地区也有。绳桥所用的索有竹、藤、铁数种，其中构造比较原始的是用竹索或藤索的溜索桥，古时我国西南地区居民惯用它来渡河。因竹索谓之"筰"或"笮"，从而绳桥又有"笮桥"之称。

单索溜索桥，关键在于索的制作，因为它直接关系桥的寿命。在南北朝、唐时代，竹索又谓之"百丈"，同时又为牵舟具，故浮桥也应用之。

除上述早期的单索溜索桥外，竹桥发展到后期又出现竹板桥、竹吊桥乃至适宜于水流湍急、难以建造其他桥梁的宽阔水面的竹浮桥、竹索桥。

（1）竹板桥：这是竹桥中结构最简单、形式最普遍的一种。桥座有的用毛竹构成，但也有用竹篾编成"竹笼"，内盛大块卵石以充桥墩的。桥面则用整枝毛竹，大小头一倒一顺，并排架搁，再在上面横向密铺毛竹片即成。今四川雅安县的雅江桥，即以"竹笼"盛石为桥墩的竹板桥。

（2）竹索桥：这是竹桥中结构较复杂、形式较特殊的一种。它的构造是用许多竹缆索并行组合而成。竹缆索的制作方法，先将竹材劈成篾条，浸于石灰、盐卤和水的混合液中，然后取出晒干再浸，经反复多次，竹篾就会变红，质地也更趋柔顺，用来编织缆索就可以经久不坏。竹缆索是整个桥面长向的骨干，它被固定在桥身两端的桥墩架上，起着主要的荷重作用。在竹缆索上横铺一系列板材，把长向竹缆索并排连接起来，作为桥面。竹索桥的栏杆也是由竹缆索充任的，它同样起着负荷的作用。栏杆与桥面之间，竖有许多木柱或竹绳，起着组合连系竹缆索的作用。

我国最大的一座竹索桥在四川灌县西北岷江上，名"安澜桥"（又名珠浦桥），重建于清嘉庆年间（1796 年）。桥共十间，东西全长 320 米。结构方法是，先在岷江两岸各建桥楼，又在江中石碛上建石墩一个，东西桥楼之间各建木架四处（其净跨小者仅几米，大者 50余米）。墩与木架上悬竹索十根，各以直径 10—15 厘米小竹索三条纽结而成。索的两端绕于东西桥楼下的横梁下。横梁皆粗巨圆木，位于楼内地栿下，共十根，其方向与索成 90°，每梁固定一索，各装把手以便旋转。梁的两端插入桥楼两侧之后墙内，其上压以巨石条，石的上皮与地板面平。石桥上建将军柱二排，每排十三柱，夹峙道的两侧。此两排将军柱上又各装通长之梁，与下部石条遥遥相应。木梁与木梁间再装楞木，铺楼板累石其上，使与桥之荷重平衡。它的桥面结构则在十根竹索上铺以横板一层与诸索成 90°。板的两端各压以较小的竹索一根，使板不致跳动。又在桥身两侧自桥楼将军柱起悬竹索五根，每隔 1.2 米以垂直木板二块夹持诸索构成栏杆，将军柱亦装把手与前述横梁起同一作用。栏杆木板下端再贯以横木兜于桥面竹索之下，使桥面与栏杆联成一气，兼补桥面竹索张力的不足。在整个架桥工程中没有运用一枚钉子或一片铁料。

在四川汶川县还有一座铃绳桥，结构方法用细竹为心，外裹以篾长四十八丈，索用三股合为一股，一尺五寸为圆。桥宽八尺，左右各四绳木，底绳用十四绳，上铺密板。东西两头各五十步，平立两大木柱为架，长达六丈，名将军柱。桥绳俱由架上铺过，使不下坠。东西建层楼，楼下各有立柱、转柱，立柱以系绳，转柱以绞绳。

从上述例子来看，竹板桥基本上还未脱出木结构方法的窠臼，而竹索桥却已充分发挥了竹材的性能，具有与木构桥完全不同的特殊形式了。

(三)城防工程

竹除用之房屋、桥梁、水利工程之外，在城防上的应用也有一定成就。其中比较大型的是城墙，在南宋时代即已应用。

广东地方出产一种长满刺芒的"竻竹"（又名"棘竹"），黄济于绍兴二十年（1150 年）曾把它用来修筑新州（今广东新兴县）城，环袤一千二百八十四丈，再月而毕［5］。唐段成式《酉阳杂俎》卷十六云：竻竹"节皆有刺，数十茎为丛，南夷种，以为城，卒不可攻。或自崩根出，大如酒瓮，纵横相承，状如缫车"。又《广东新语》述此竹"长芒密距，五出如鸡足，可蔽村寨"。说明此竹是筑城的好材料。

(四)竹　　笕

用长竹架设水路通道称"笕"。这种利用竹子做成的给排水管道，在我国南方产竹地区的民间建筑中早已广为采用，但大规模用在城市工程上还不多见。

苏东坡致王敏仲的信（《东坡全集》卷七十七）中提到："罗浮山道士邓守安……常与某言，广惠一城人好饮咸苦水，春夏疾疫时所损多矣。惟官员及有力者得饮刘王山井水，贫下何由得？惟蒲涧山有滴水岩，水所从来，高可引入城，盖二十里以下耳。若于岩下作大石槽，以五管大竹续处以麻绳漆涂之，随地高下直入城中。又为一大石槽以受之，又以五管分引散流城中为小石槽以便汲者，不过用大竹万余竿及二十里间用葵茆苫盖，大约不过费百千数可成。……闻遂作管引蒲涧水甚善，每竿上须钻一小眼如绿豆大，以小竹针窒之以验通塞，道远日久无不塞之理，若无以验之，则一竿之塞辄累百竿矣。"信中所云各项，可谓规划之周详。时在宋绍圣年间（1096 年）。在其前，唐代宗李泌开凿杭州相国寺等六井（762 年），埋置竹管以引西湖水，也是利用上述原理。在南宋扩建德寿宫时，所用水笕竟长达数里之远。当时第宅中也有使用者，如杨存中住洪福桥西，也是采用竹管引水蜿蜒凡数百丈到房舍四周水池中去的。

竹管的缺点是不耐久。对此，历史上也有记载，如宋仁宗嘉祐年间（1060年），沈文通于李泌所开六井南凿一大井，起初也是用竹笕引水的，但到哲宗元祐年间（1090 年）管已损坏，僧子珪乃以瓦筒易竹，盛以石槽。

宋《营造法式》关于竹作工程曾谈到竹笆、竹墙、竹栅、竹网、竹席、竹索，但没有竹笕，特补充如上。

参 考 文 献

［1］见《中国营造学社汇刊》第五卷第四期刘敦桢：《河北省西部古建筑调查纪略》。
［2］《西安半坡》，文物出版社 1963 年版。
［3］河北省博物馆：《河北藁城县台西村商代遗址 1973 年的重要发现》，《文物》1974 年第 8 期第 42 页。
［4］苏州市文管会：《苏州虎邱云岩寺塔发现文物内容简报》，《文物参考资料》1957 年第11期第 38 页。
［5］见《图书集成·考工典》卷二十六《新州竹城记》及《格致镜原》卷六十七引《天中记》。

第六章　砖结构建筑技术

概　说

砖瓦是最早的人工建筑材料。早在新石器时代，我们的祖先已熟练地掌握了制陶技术，为以后烧制砖、瓦创造了条件。从已知的实物看，铺地砖和瓦在西周已产生，空心砖及条砖出现于战国。砖瓦在建筑上的运用，对我国建筑的发展有着重大的影响。

经人工烧制后的砖，与土墼（即未烧的砖坯）有着质的差别。它的强度、耐磨、耐水性等方面都较土墼大为提高。由于烧制砖的上述特性，它最早被广泛地运用于我国古代建筑的防水及易于磨损等部位。最早的砖砌墙体的实例则有河南新郑县战国时期的冶炼通气井井壁和陕西临潼秦始皇陵陶俑坑中的一段壁体。到了汉代，条砖使用的范围及数量已大为增加，它不但在建筑、衬井壁、砌下水道等方面被运用，而且还在地下的墓葬上代替空心砖被大量地广泛运用了。为了保护城门洞附近的夯土墙，在唐代已出现用砖包砌的做法，而至南宋时我国南方不少州府城已有用砖包砌的记载，如临安城、扬州城、福州城、静江城等。据陆游《入蜀记》所述，南宋已开始出现全部用砖砌的建筑[1]。遗存至今的有元代的杭州凤凰寺、明代的南京灵谷寺、太原永祚寺、五台山显通寺、中条山万固寺、北京皇史宬等，但为数不多。明代制砖技术有了很大的发展，砖的产量剧增，已成为一种并不昂贵的建筑材料，因此它就被普遍地运用于民居、宫殿、庙宇、城墙等建筑上。

条砖墙有各种各样的砌法。初期的砖墙砌法，砖与砖之间是缺乏联系的，如墙体垂直通缝，转角没有拉结，顺砌墙体的内外砖之间也没有联系等。经过不断的实践与总结经验，砖墙的砌法朝着相互拉结的方向发展，取得了较好的整体性。从秦始皇陵出土的曲尺形砖来看，应是一种墙体转角用砖，表明秦代砖墙体的砌筑已考虑到转角处的拉结问题；从曲尺形砖存在着两个边长不等的情况，说明此时已采用错缝砌法。到汉代墙体的内外砖之间已有各种拉结的砌法，原则是使上下砖层相互错缝，避免墙的垂直通缝，以加强砖墙的整体性。此后直至明清以前，多数砖墙基本上沿用汉代已奠定的砌法。至明清时代在我国的南方地区出现各种节省砖材的空斗墙砌法。空斗墙的砌法早在汉代已见之于北方砖墓的封门砖墙，但以后历代未见有沿用者；故明清时代我国南方地区出现的空斗墙，并非因袭而是新的发展。为了加强墙体的整体性而采用各种相互搭接方式，必然会导致砖块长、宽、高之间的一定关系，砖的定型化就是在这种情况下逐步形成的。汉代条砖的大小虽有不同，但其长、宽、高的比例已近4：2：1。可分成大小二类。小条砖的尺寸已与现代砖的大小尺寸相近，可见汉代的砖墙砌筑技术已有一定经验积累。砖墙在明代以前并不普遍，多数用于包砌，以砖保护夯土墙。有屋顶覆盖的墙早期可能仅砌至隔减部分，以保护土墙下部易损部位，隔减以上则为土墙，墙面采用粉刷。明清时隔减以上部分虽改为砖砌，但墙的外观仍保持以前形式，即隔减部分露明砖墙，其上往往仍为粉刷墙面。此外，土筑墙多有较大的收分，其后以砖包砌土墙则必随之而有收分，但用砖包土墙已不如赤裸时易受损坏，故其收分亦渐趋缩小。至纯以砖砌墙体时，墙体往往已无收分，可以便利施工与统一砖的规格。明清时宫殿庙宇建筑的墙体已用碎砖灰土填馅的做法，这种做法是由包砌土墙脱胎而来的。填馅墙的出现对减少砌筑工程量，加快施工都有很大意义。

砖在墙体上的运用，对建筑的发展产生了下述影响：

1.提高墙体下部的抗雨水侵蚀性能，为以后建筑出檐短创造有利条件。

2.使墙体的使用寿命增长。

3.使墙体的收分由大变小而至消失。

4.墙的厚度逐渐由厚而薄。

5.墙的厚度变薄，既减少了筑墙工程量，同时亦使建筑面积中墙体面积所占的比例减少，从而产生建筑经济效益。

6.使硬山墙的出现成为可能，从而产生出一种新的建筑形式（硬山）。

用砖包砌城墙的最早记载是后赵石虎的邺城（今河南临漳）[2]，到宋代南方地区城市也有所运用，但普遍地使用是在明代，其规模最大的当推长城。明代对北京附近的居庸关一段的长城，在防御上进行了加强措施，采用内外许多城墙，并用砖石包砌。城墙的砌筑在坡度较小时采用与地面坡度一致的砌法，坡度较大时则采用水平跌落砌。建筑长城的工程十分浩大，而多数工程又在复杂的地形上进行，古代人民克服施工、运输条件种种困难，终于建成这条穿平原、跨峻岭、蜿延起伏、绵亘万里的长城。

早期砖顶结构多见之于砖墓。我国古代"事死如生"的观念，使人们对墓葬极为重视。砖以其耐腐、耐压等特点而在墓葬上长期被运用，因此砖顶结构技术也早在砖墓上出现，并在长期运用过程中有所创造及发展。在元代以前能说明砖顶结构发展的跨度较大的地面建筑遗存不多，而地下遗留的大量完整的砖墓，为研究砖顶结构技术的发展提供了历史资料。元代以前的砖顶结构主要是用在墓顶上，而此后才转向用于较大跨度的地面建筑。

砖顶结构在战国时是以梁板结构方式出现于空心砖墓的。当这种结构方式所使用的材料——空心砖，不能适应跨度增加的需要时，结构就逐步向拱的方向发展，至西汉出现了条砖顶的筒拱结构。拱结构的产生，是砖结构技术的必然发展。这种结构方式，以后就长期被运用于砖墓、砖塔、城门洞、无梁殿以及砖墙体的门窗上。在砖拱结构的发展过程中，先后形成了两种拱结构体系：一种是以拱券为基础的筒拱结构，其结构特点为两个平行边支承。而另一种为空间形态，即拱壳结构，如四边结顶，盝顶及穹窿顶等，其结构特点为周边支承。其中筒拱结构产生在前，拱壳结构则发展于后。西汉末年出现的拱壳顶，矢高较小，结构上具有壳的特性：即砖块在X、Y两个方向上都受压，充分发挥了砖材的耐压性能。而拱壳顶在施工技术上采用了无支模施工方法，虽然当时拱壳的跨度不大，但其结构性质仍与现代的双曲砖扁壳类似。二千年以前出现的这种结构及其施工技术，是我国古代砖结构技术上的突出成就。随着拱结构施工方法的改进，拱壳的矢高增大，从而派生出一种新的砖结构形式——叠涩结构。叠涩结构产生于东汉，它保持了拱壳结构的外形，采用逐皮砖面成水平逐层出挑的砌法。这种砌法，较之不断地改变砖缝面角度的拱结构，在施工上简便得多，所以叠涩结构的出现，乃是探索一种简便的砖拱结构施工方法的结果。以后，历唐、宋、辽、金诸代叠涩结构在砖墓、砖塔上被长期运用。到南宋，砖筒拱结构开始在城门洞上出现，明、清时则砖砌城门洞、无梁殿等建筑多采取筒拱结构形式。此时筒拱结构较之早期的汉代筒拱结构有很大的发展，其特点是拱跨增大，已从汉代的拱跨3米左右，延长到11米以上，并采用了支模施工方法及石灰灰浆的砌筑技术。总

1）陆游《入蜀记》："采访殿前有钟楼，高十许丈，三层，累砖所成，不用一木而橱桷翚飞，虽木工之良者不能加也。"此种纯用砖砌之钟楼原在江西庐山宋太平兴国宫，陆游至该地，时在乾道六年（1170年）八月。

2）后赵石虎建武元年（公元335年）迁都邺（今河南临漳）。其北城东西七里，南北五里，原是齐桓公时期（公元前685—前643年）所筑的土城，石虎乃用砖包砌，《水经注》所述"石虎城尽表饰以抟"，即指此。

结以上砖顶结构的发展，依其出现的先后次序为：梁板式结构——→两边支承的筒拱结构——→四边支承的拱壳结构（包括四边结顶、盝顶、圆穹窿顶等）——→叠涩结构。上述次序，并非是砖结构发展的“新陈代谢”关系而是出现的先后关系。如拱壳结构出现后，它只用于主要墓室，而甬道、耳室等次要的部位，却仍采用筒拱结构。

砖塔是我国古代主要的高层砖结构工程，建造数量很多，地域很广。许多砖塔高度达到60—70米，最高甚至超过80米。不少砖塔历经千余年的岁月，经受了强烈的风暴和地震等灾害的考验巍然屹立，表现出高层砖塔的良好结构性能，是我国古代砖结构技术的重大成就。从遗存至今的各时代砖塔，可以清晰地看出塔身结构和各部分构造做法的发展演变。

纵观我国封建社会的砖结构技术发展，在历史上曾出现过两次高潮。一次是在汉代，此时已出现加强砖墙整体性的各种砌法，从而出现具有定型比例的砖，而砖顶结构的各种结构类型此时几乎都已形成，为以后砖结构的发展奠定了基础。第二次发展高潮是在明代，当时制砖技术有了很大进步，砖在建筑上被大量地采用，砖结构的砌筑技术有了显著提高，石灰灰浆普遍地使用，砖结构的跨度大大增加。

我国封建社会的砖结构技术在劳动工匠的不断实践、不断总结提高的过程中获得了较高的水平，但它的发展毕竟受到历史的局限性，在建筑上没有被全面使用，从而亦就使它不可能向更高的水平发展。

砖铺地在西周已出现，以后逐步发展，在整个封建社会中作为一种高级地面被长期运用。砖铺地面在耐磨、耐水、强度及光洁度等方面都较白灰面、红烧土地面优越。但砖铺地工程要求铺地砖与其下的基层有较好的结合而不致松动，并使铺设的地面保持平整。故铺地砖出现后，为适应铺地技术的要求而不断地改进铺地砖的形式，如西周晚期的方形铺地砖底面四周各有半球形乳突一个，春秋战国时在方砖底面四边做成凸出的边框，到秦时则在铺地砖侧面做榫口等等，以后至迟到唐代已演变成斜边砖。这种砖的底面平整，砖与砖之间的面缝拼接严密，底缝则有较大距离，砖缝形成一个楔形断面。这种铺地砖的形式已能较好的满足砖铺地的技术要求，故以后一直被沿用。

用预制块铺设地面的做法，至今在地面工程上仍被广泛采用，我国古代劳动人民在公元前八世纪创造的预制块铺地方法，至今仍显示其生命力。

砖贴面是用砖来防护和装饰墙体及其他构件的表面，开始时贴面用于土墙及土台基壁面等，以后进一步运用于防护某些木构件。随着砖贴面的发展，其装饰意义就逐步增加。贴面砖在战国时已有发现。初期的形式与铺地砖一致，只是一种铺设于地面，而另一种贴筑于土壁，可以说砖贴面的做法乃是砖铺地做法的延伸。关于砖面的装饰处理，有以下几种方式：砖面平整的饰面；砖面有模印纹饰的饰面；砖面平整、细致、光洁、经过打磨或刨削的“磨砖对缝”饰面；色泽鲜艳，光亮的琉璃饰面；细致玲珑的雕砖饰面等。砖面平整的素面砖，装饰性不太强，但被长期运用。战国秦汉时期采用模印纹饰的饰面砖，唐代仍有沿用。磨砖壁面早见之于汉墓，是素面砖进一步的装饰化加工，而从唐麟德殿出土经磨制的铺地砖看，磨砖技术当亦可能在当时的贴面砖上运用；以后“磨砖对缝”的做法在饰面上逐步增多，如砖塔的外墙面，砖墙的隔碱、照壁、园林建筑的门窗框等部位都常运用。琉璃饰面是贴面的进一步装饰化，具有很好的装饰效果，琉璃饰面对被饰物虽仍具防护意义，但主要是着眼于装饰作用，因此，往往贴饰于砖墙表面，如宋、明、清时期有的砖塔用硫璃饰面，同时由于琉璃饰面的装饰性较强，为了取得装饰效果，常将琉璃饰面用于建筑的显著部位，如照壁、槛墙、砖建筑的檐下斗栱以及琉璃彩画的额枋等；雕砖饰面也与琉璃饰面一样具有很强的装饰性。透雕砖饰早见洛阳汉墓，明清时出现了雕工精巧的雕砖饰面，常用于檐下、门头上等处。从明代中期起，一些无梁殿上也大量采用雕砖装饰。

瓦屋顶在我国出现很早，最晚到西周初期已经用于宫室建筑。无论是从高质量的陶瓦质地和丰富的瓦件品种来看，还是从屋面做法的技术措施来看，我国古代铺瓦工程都取得了出色的成就，有许多值得总结和借鉴的经验。由于古代瓦作和砖作常属于同一工种（南方苏州一带统称为“水作”），故将“铺瓦工程”一节并入本章。

第一节　墙体砌筑技术

我国封建社会初期（战国）已经用小条砖作为建筑材料。秦汉时期，砖材用于地面建筑的仍然不多，但已较多地用于地下的墓室。从东汉开始，用条砖建筑墓室已发展到全国各地，为适应砖结构及施工技术的需要，砖块规格逐渐趋向于统一标准。当时在各地建筑活动中，智慧的劳动人民创造出许多不同的砌砖组合形式，但这一时期对于砖墙墙体构造同砖建筑的整体结构还在摸索阶段中，方法比较原始。及至魏、晋、南北朝时期，人们对如何使垒砌墙体的牢固与稳定已有所认识，便对墙体结构采取了许多增强整体性和稳定性的方法。这些方法经过唐宋继承下来加以丰富，为以后明清砖结构技术的发展奠定了基础。

一　墙体垒砌技术的发展

我国封建社会初期所见到的砖砌体多是单砖、单向、单面垒砌，但已经考虑到砌体的稳定，采取了上下错缝的方法。到汉代随着砖的规格趋向统一标准化，砌砖形式便发展到单砖多向多面及空斗等各种组合形式，其中有些形式为后代继承并沿用至今。在砖的垒砌技术方面，初期的砌法多是干砌（不用胶结材料），而东汉以来已较多地使用泥浆、灰浆等胶结材料，砌砖技术也有各种不同做法，同时也产生了各种不同的墙体构造，分别简述如下：

（一）垒砌砖墙的各种形式

古代用条砖砌墙，曾有多种多样的垒砌形式。由于砌砖的组合方式不同，而有各种不同方位的砌法。各时代各地区对砖的摆法，名称既不一致，也不能定面、定向，很多称呼彼此混淆（图6－1－1）。自战国以来，小砖的砌法计有以下几种：

（1）平砖丁砌错缝：这是一种较早的墙体砌法，见之于河南新郑县战国时期冶铁遗址的通气井，及西安西汉长安礼制建筑周围圜水沟拥壁下部墙基[1]（图6－1－2）。这种砌法的砖块上下错缝，互相交搭，墙体较厚。由于墙体为弧形，故其稳定性更好，能承受一定的侧向推力。

（2）平砖顺砌错缝：这种砌法，开始见于上述战国时的冶铁遗址浇铸槽壁及西汉条砖基壁[2]。均为单砖墙，墙体较薄，稳定性差，不能过高，能承受一定的力，许多条砖汉墓都用这种形式的砖壁（图6－1－3）。有些为了加强墙身的稳定，采用两道单砖墙体相并的砌法，如上

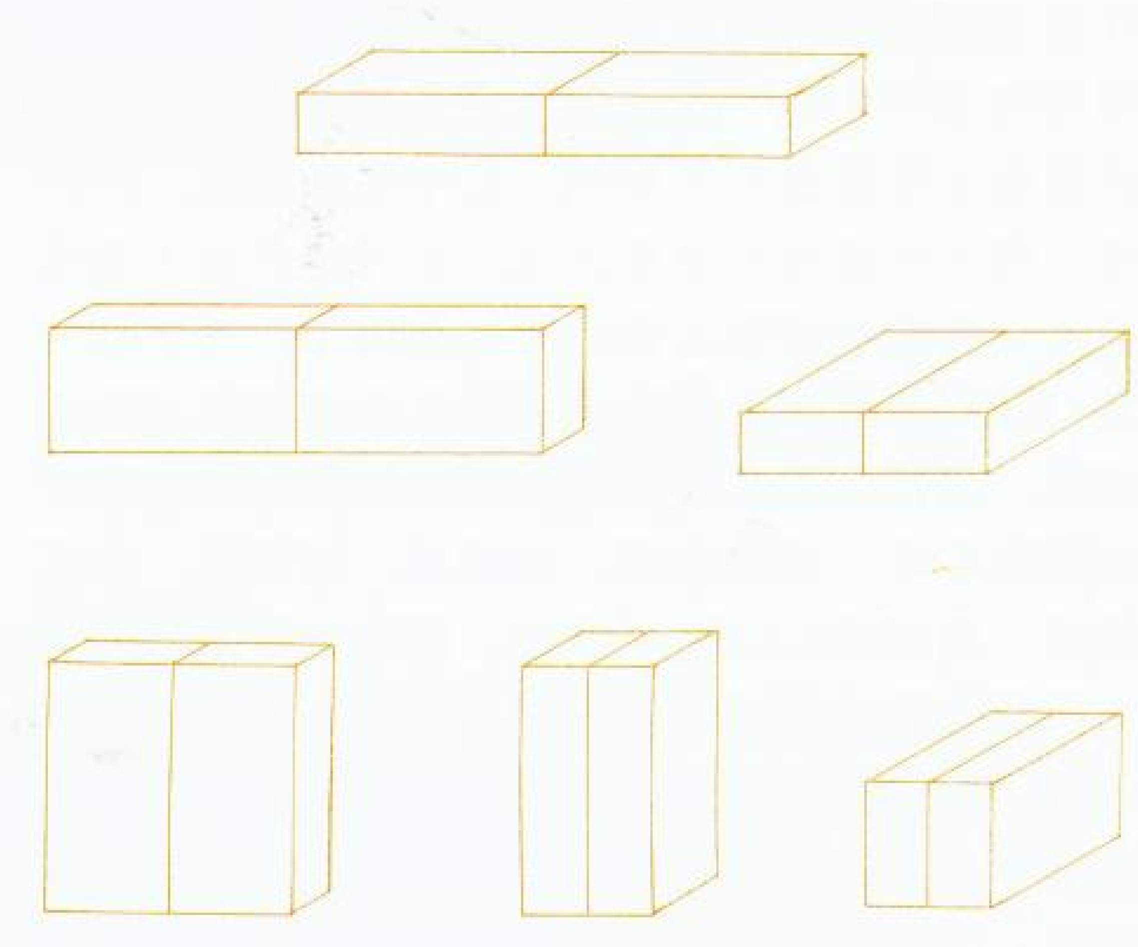


图6-1-1　砖的几种摆法

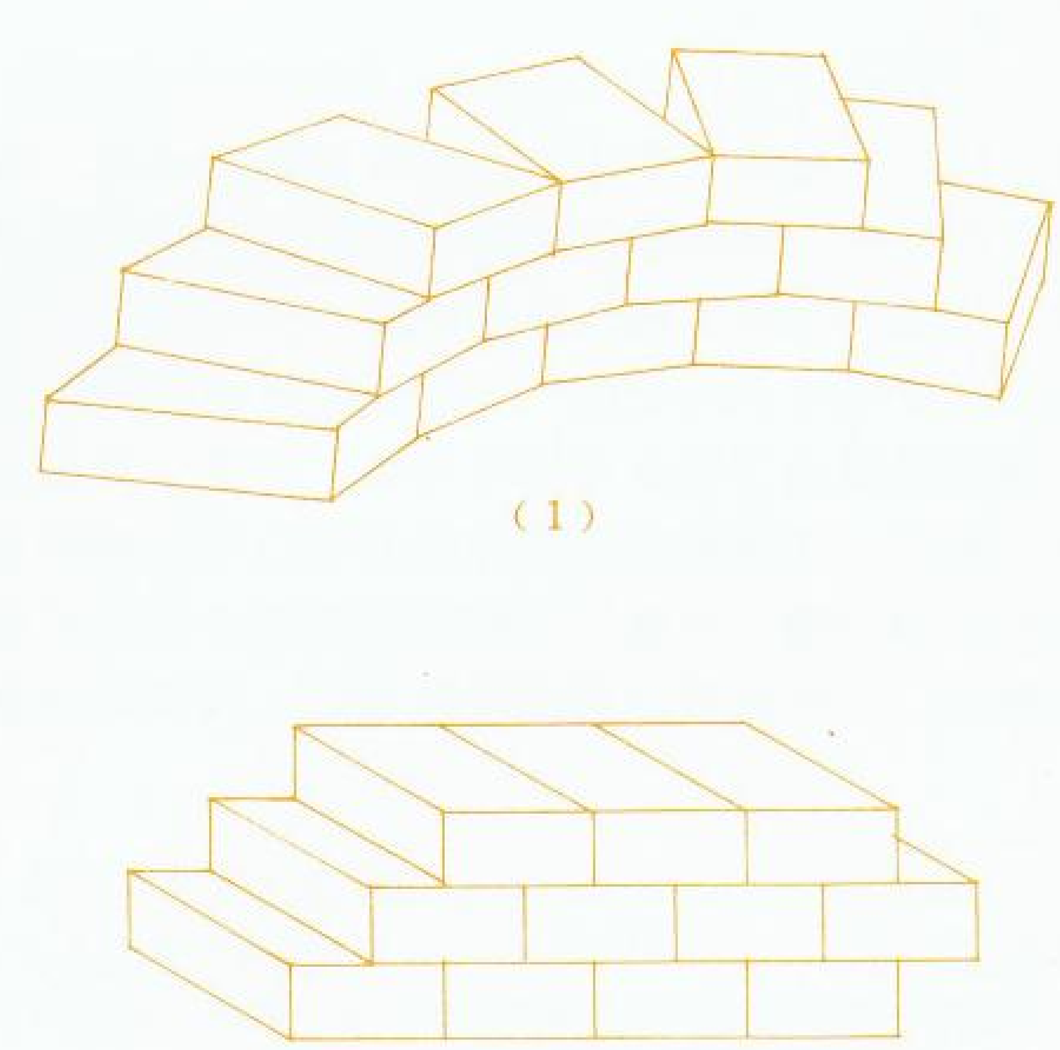


图6-1-2　直砌与环砌
（1）新郑战国冶铁遗址通气井；
（2）长安礼制建筑圜水沟壁

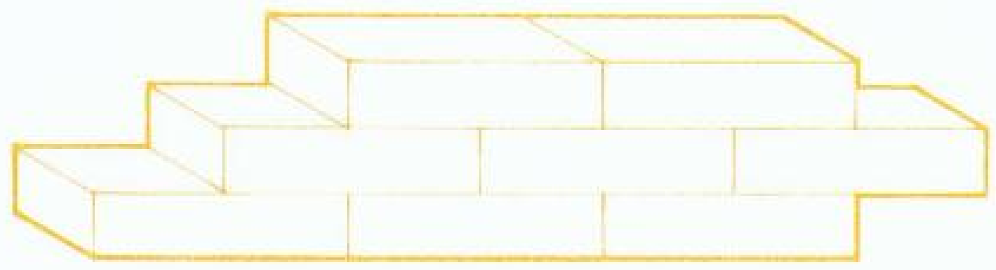


图6-1-3 平砖顺砌错缝（洛阳烧沟汉墓）

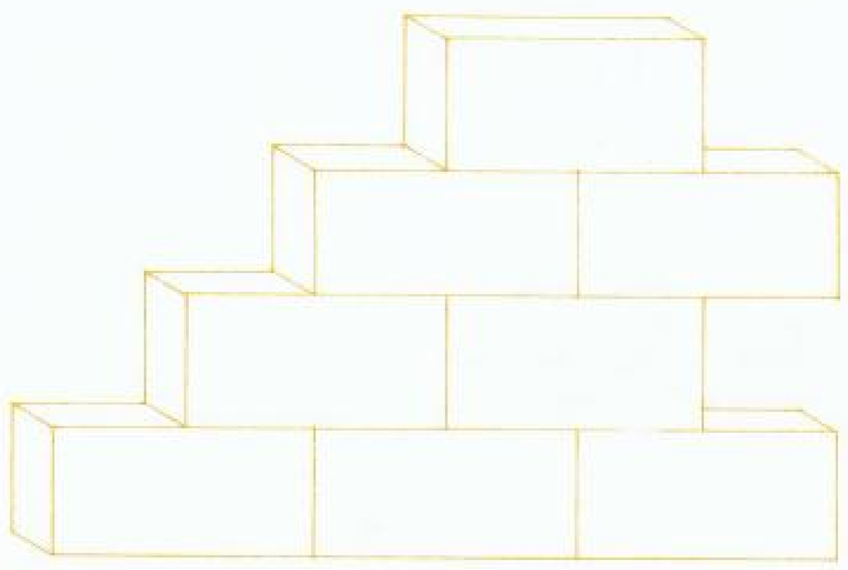


图6-1-4 侧砖顺砌错缝（河南新安铁门镇西汉墓）

述西安市西汉长安礼制性建筑圜水沟拥壁的上部墙身，但实际并没有多大作用。

（3）侧砖顺砌错缝：这种砌法，在河南新安铁门镇西汉中期墓群10号墓墓室，除墓门外，其余三面壁体都是如此砌法[3]。壁厚只有6.5厘米（一砖厚），上面还承载同样厚的立砖侧砌的并列券顶。这样薄壁还见于附近同时期的条砖墓（图6-1-4）。因这种壁体单薄，受力及稳定性都很差，不可作为承重或受力结构墙体，此后也未再见这种墙体出现。

（4）平砖顺砌与侧砖丁砌上下层组合式：这类墙在江南地区称"玉带墙"或"实滚墙"，墙厚已增至一砖长或两砖宽。玉带墙的组合方法有多式多样。其组合方式是在平砖顺砌错缝的墙体当中，每隔一层或二、三层加砌一层侧砖丁砌的砖；也可将上下各平砖顺砌的层数灵活增减，如逢单为一或二层则逢双为二或三层，有规律的轮换平摆砖的层数；或只在墙脚，或只在墙头用一道或二道侧砖丁砌，作为墙面装饰[4]。这种砌法在东汉时期已盛行于黄河流域，以后扩展到江南地区，并流传到近代建筑。如上所述的"玉带墙"、"实滚墙"就是封建社会末期民间工匠的术语[5]（图6-1-5）。

（5）篾纹式或"实滚芦菲片"式：其砌法为平砖顺砌与侧砖丁砌两者轮流砌一层后，上层砖的砌法则与下层（平、侧）相反，即单层砖的砌法与双层砖的砌法相反。例如墙面外观如编篾纹样，流传至后代，江南一带称为"实滚芦菲片"或"编茅式"墙[6]（图6-1-6）。

（6）空斗及空斗式：其砌法可以空砌，可以实砌。空者可以节省工料，减低造价。这种砌法首见于洛阳烧沟汉墓封门砖、甘肃嘉峪关汉画像砖墓[7]（图6-1-7）。流传至明清民间建筑，发展为多种多样。北方称空斗墙叫"丁抱斗"，但很少用，而南方较为普遍。江南一带因空斗式的用砖结构不同，分单丁、双丁、大镶思、小镶思、大合欢、小合欢[8]（图6-1-8）。小合欢与小镶思墙厚仅半砖长，只能作隔墙或简易房屋用。四川地区的空斗墙基本为一砖长的厚度，它的做法有"盒盒斗"、"马槽斗"、"高矮斗"等[9]。一

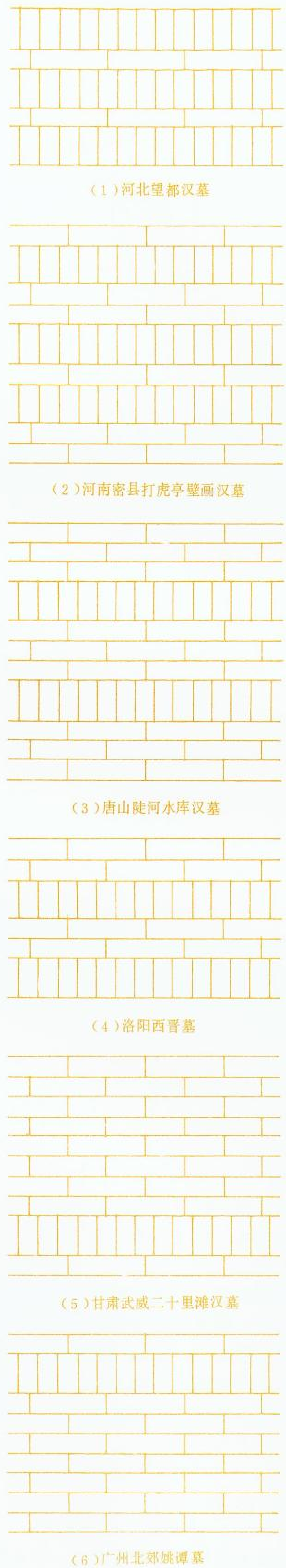


图6-1-5 玉带墙砌法

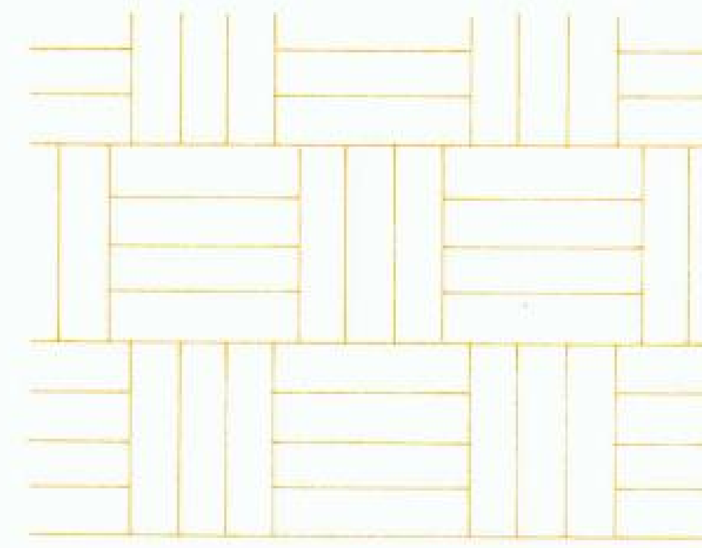


图6-1-6 编席式砌法（甘肃武威雷台汉墓）

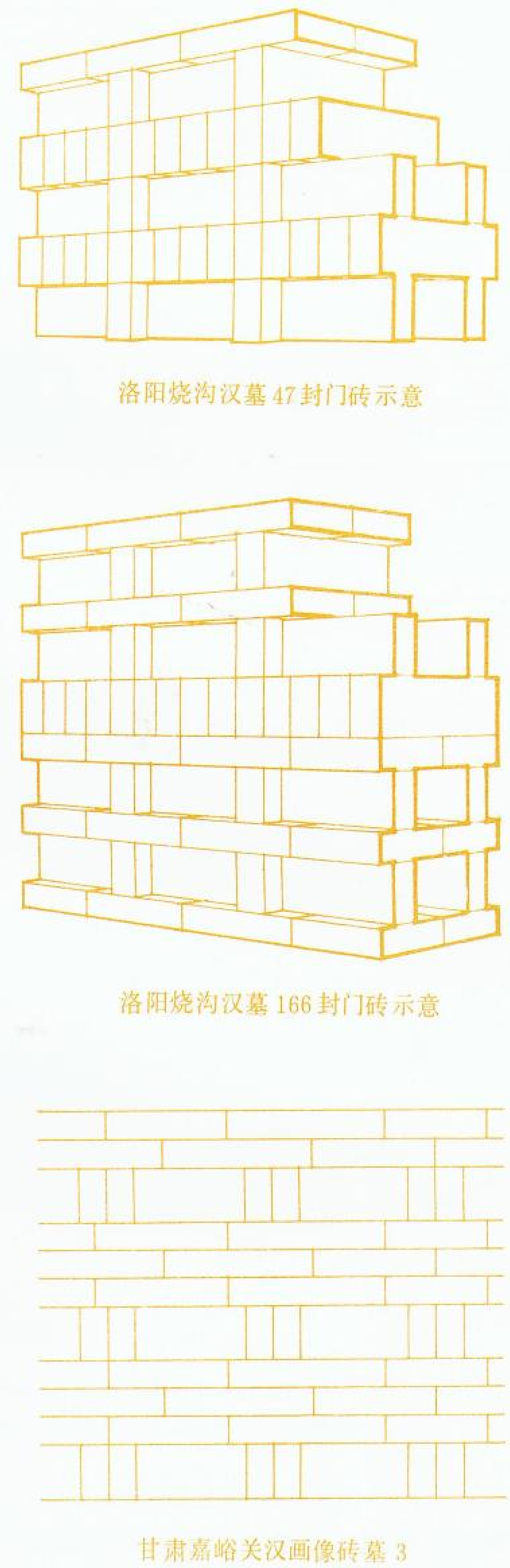


图6-1-7 空斗式砌法

般空斗墙均在斗里装填泥土、碎石、碎砖等。西南地区的空斗墙只在下部填泥，上部仍作空斗。

（7）平砌或扁砌式：这种墙分若干种形式，全作平砖丁砌者较少、全作平砖顺砌者极为常见。在汉代时期的砌法（见"平砖顺砌错缝"），为双砖并砌墙，并不牢固，得到唐宋时期其砌法在较厚的西面顺砌的墙中加砌"暗丁"（见下面砖的垒砌技术）。一层平砖顺砌，一层平砖丁砌，上下错缝的见于河南密县打虎亭砖石混合壁画墓后室后

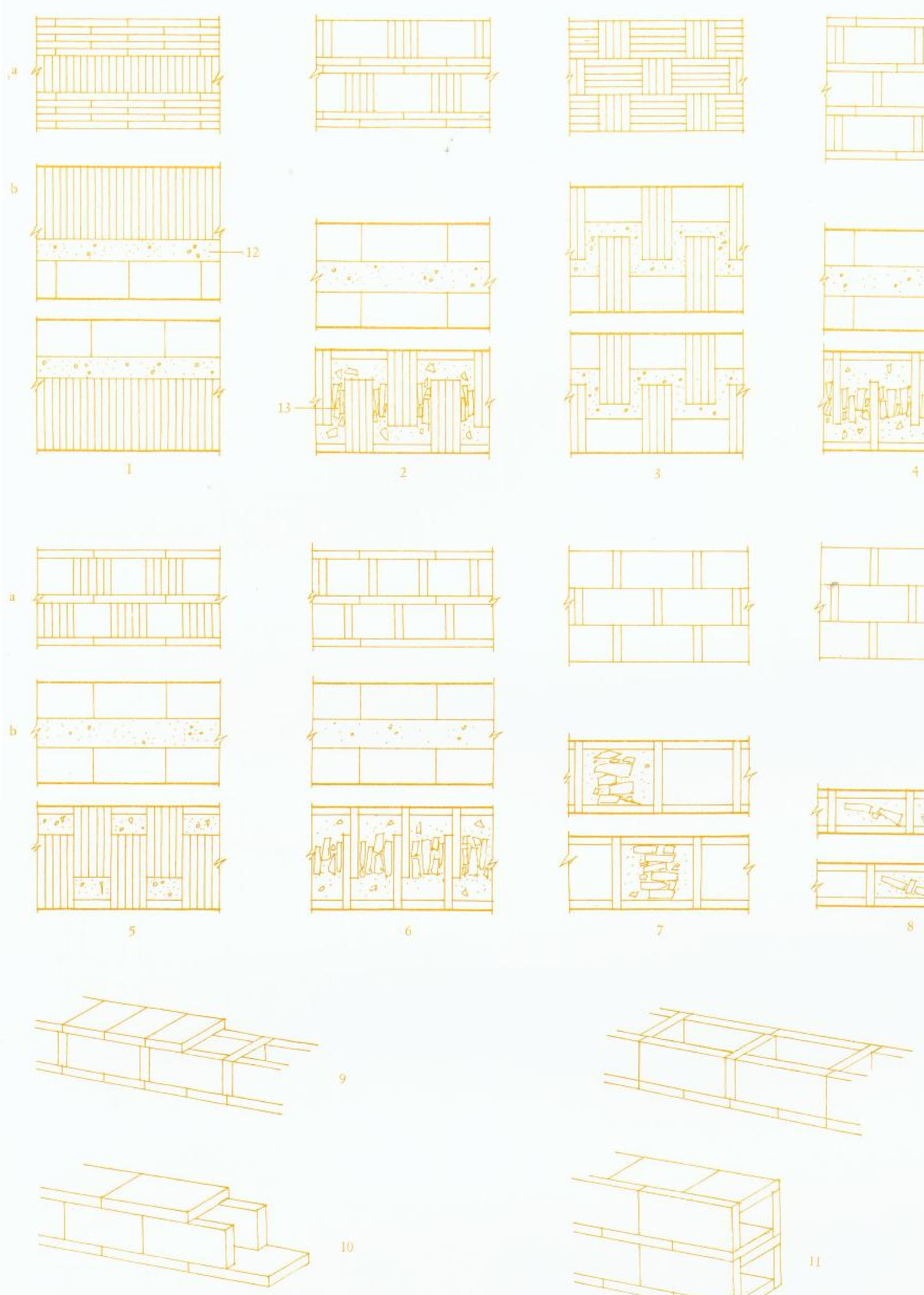


图6-1-8 实墙与斗墙砌法

1.实滚；2.花滚；3.实滚芦菲片；4.单丁斗子；5.实扁镶思；6.空斗镶思；7.合欢；8.小合欢；9.盒盒斗10.马槽斗；11.高矮斗；12.填灰砂；13.填灰砂及碎砖a.立面；b.平面

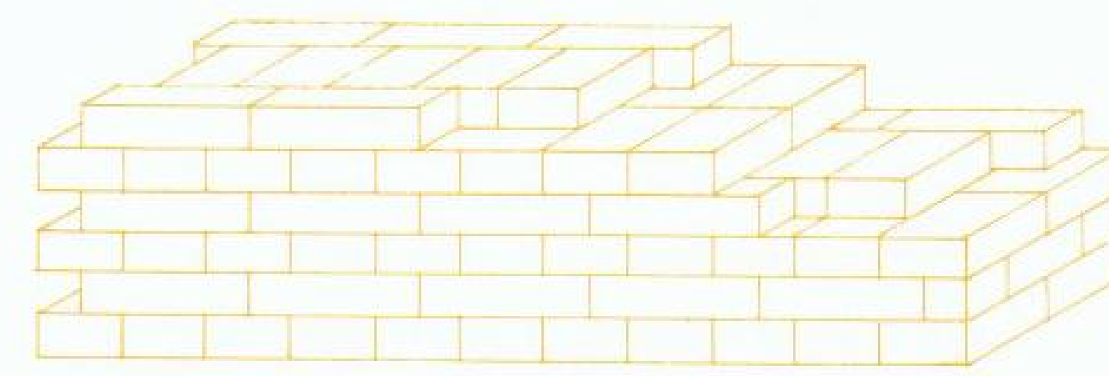


图6-1-9 河南密县打虎亭壁画汉墓砖墙砌法示意

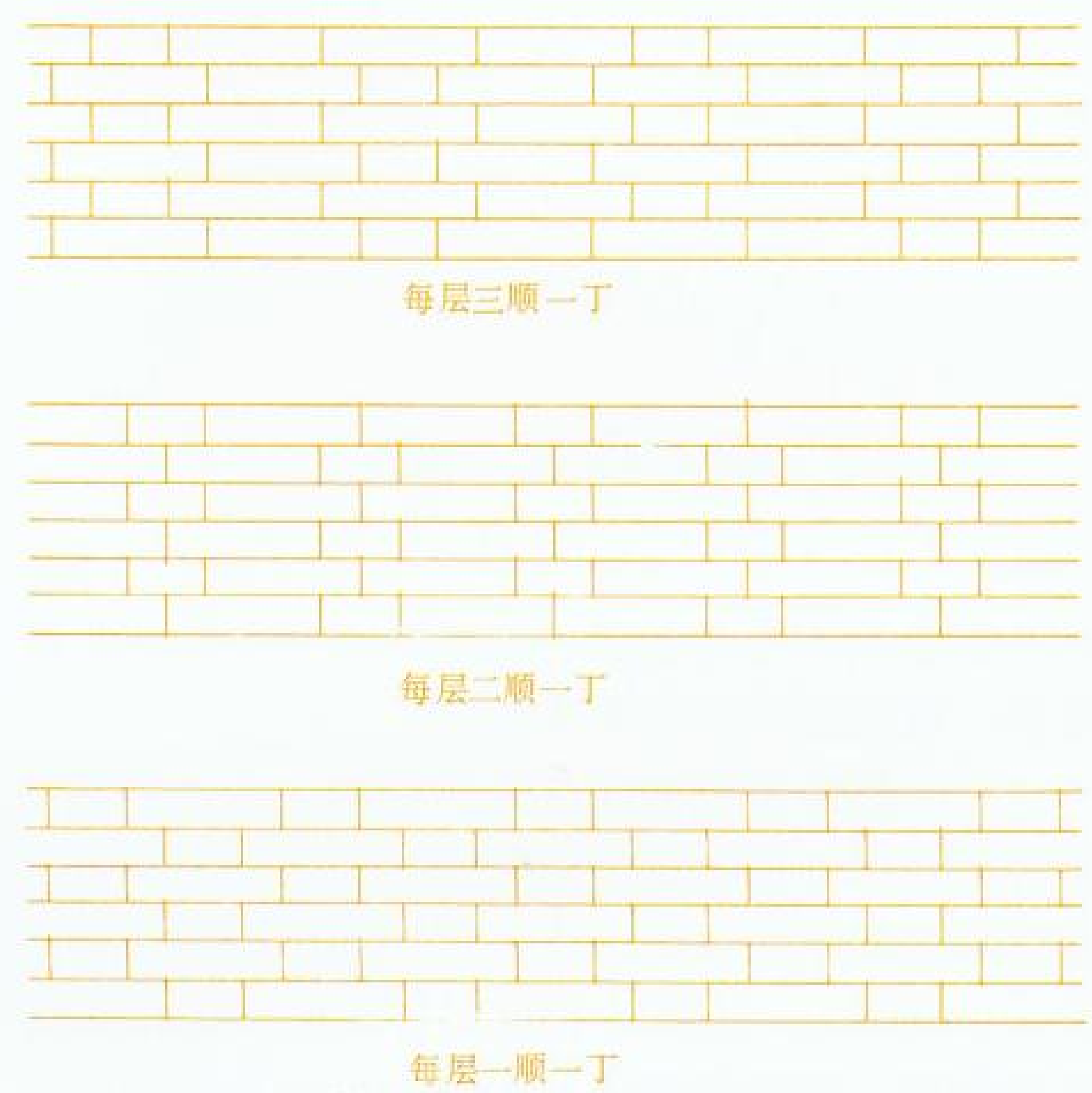


图6-1-10 平摆砖墙砌法



图6-1-11 封门砖方式示意图

(1)侧砖丁砌(洛阳烧沟汉墓1034)；(2)横人字式(洛阳烧沟汉墓1035)；(3)横人字加平砖（浙江黄岩秀岭水库晋墓）

壁（图6-1-9）。其他大多数的砌法都为几层平砖顺砌之后砌一层平砖丁砌。如洛阳汉河南县城居住遗址304号房基北壁砖墙，残高十三层，第一与第十一层皆平砖丁砌，其他各层都作平砖顺砌。唐宋以来一般地面建筑墙下隔碱或槛墙都全作平砖顺砌，墙的上身每隔三、五层平砖顺砌加一层平砖丁砌，及至明清宫室建筑，仍多采用平砖顺砌的墙。一般建筑中常可见到每层平砖三顺一丁、二顺一丁、一顺一丁（工字、十字）等各种砌法（图6-1-10）。此外还有一些其它的砌砖式，如封门砖砌法，除空斗式外还有侧砖丁砌上下通缝，横人字式、横人字夹平砖式，这类砌体，不能独立，没有什么结构意义，它的特点是任意抽出少数，其上部砖块即行下落，可以防止抽砖挖洞，故流传至今还用它来堵塞孔洞及门窗等[10]（图6-1-11）。临潼秦俑坑内还见到一种平砖顺砌通缝的方法，其中不用胶结材料，稳定性极差。估计是临时修补之用，不能算作一种正规砌筑方式[11]。

(二)砌砖技术

砌砖技术的优劣与墙体牢固、墙面的美观及是否经济都有关系。它包括斫砖、磨砖、灌浆、填料、粉刷、镶嵌、贴面等各个工艺环节。建筑的功能性质、墙体所在部位及砖材品种的不同，垒砌的技术也不同。从战国起砌砖即有用泥浆胶结，到汉代已有磨砖对缝、灌灰浆、镶嵌贴面等做法，历代相传，虽无文献记载，但从明清做法还可见其大概。按砌砖技术的精粗不同，约可分为如下几种。

（1）磨砖对缝（干摆）：对缝是指砖缝密合，不是指上下砖缝相对。干摆是指先将砖块摆好后再灌灰浆，与砌砖不用胶结材料的干摆不同。

磨砖对缝的砌法，开始于汉代，唐宋元明皆有实例，如唐代在运城的泛舟禅师塔就是一个代表作品。后来流传到明清，如河北望都一、二号汉墓，河南密县打虎亭砖石壁画墓，陕西兴平北宋墓，北京后英房元代建筑遗址等的砖墙，都是磨砖对缝砌法。及到明清时代封建统治者的宫室、殿宇、居室、苑囿等重要建筑，墙壁下部的裙肩、槛墙、影壁、看墙、门墙等，凡属露明及重点装饰之处，莫不磨砖对缝。在清代如墙身全用磨砖对缝，便叫“干摆到家”；这种做法的工价约为“糙砌”工价的八倍。

磨砖对缝的技术要求是先将条砖五面中心部分进行“五扒皮”。即砍掉一层，砖的四边及露明一面用砖加水磨光，达到角正边直，规格一致（图6－1－12）。砌墙时先在边口刮油灰（桐油合灰）少许，以免碰伤边角，再干砖平摆顺砌错缝，然后在每层内部灌注白灰浆。砌完后，外面再用砖加水磨平，达到外观有缝不见缝为止。每砌五线（层）内加暗丁（丁砖）一道，使之上下叠压与墙体相联。暗丁的做法系用开条砖，中间摆丁砖称为暗丁，使其上下层叠压，将墙体内外皮联成整体。凡在建筑的重要部位均用这种方法。

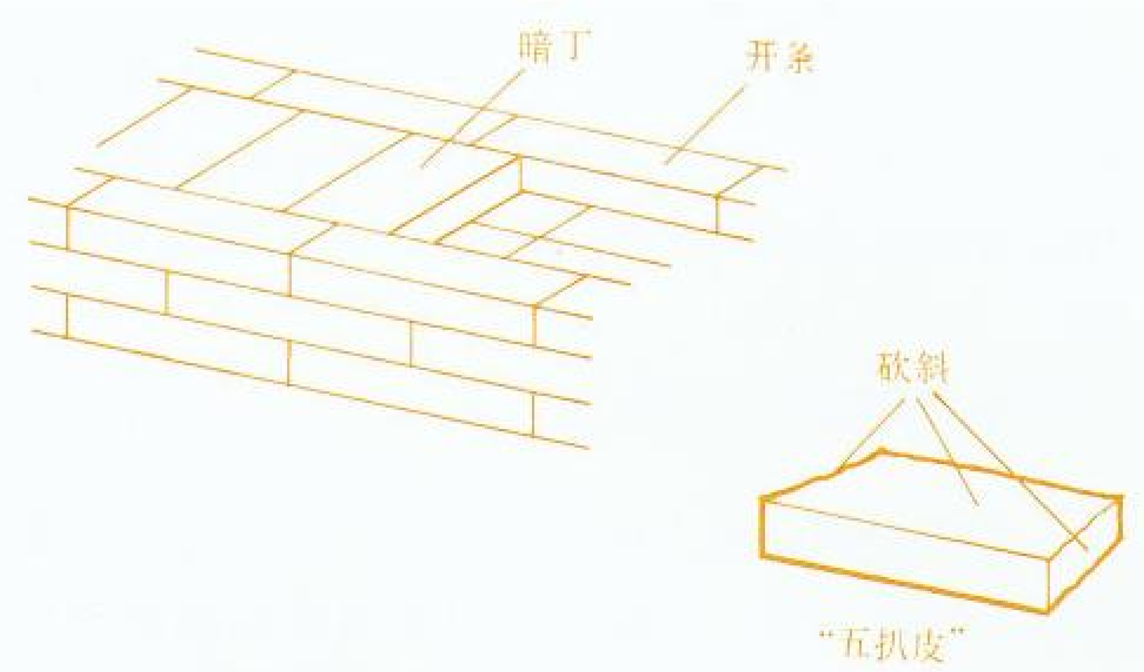


图6-1-12 暗丁与“五扒皮”

（2）撕缝（缝子）又叫磨砖勾缝：其做法细致仅次于磨砖对缝。外面露细灰缝，一般灰缝不大于4毫米。用砖仍需“五扒皮”或磨五面，砖面加工略为粗糙。墙心仍加砌暗丁，砌筑时在下面垫瓜子灰或碎砖片（背山）。墙表面用水磨平、勾缝，再用黑烟加胶水用毛笔刷黑。这种砌法用于较为重要的墙体，从下到上都一样做法的叫“缝子到家”；如裙肩（下减）作磨砖对缝（干摆），上身作缝子砌法，则称为“干摆下减缝子心”。这是一种很费工的做法。

（3）淌白撕缝：这种砌法用于一般房舍墙垣，砖只磨外露一面。砌砖用泼浆灰（白灰加白泥），砌好之后墙面仍须磨平，使灰缝与砖面成一平面，用青灰与胶水调匀再加石灰的灰浆（线子灰或月白灰）刷灰缝，达到灰缝与砖色一致。

（4）带刀灰：是砖不加工，用砖刀括灰勾缝的砌法，为垒砌一般房舍墙垣上身之用。墙身如为全顺砖，则墙心仍需加暗丁，否则砌三顺一丁、五顺一丁或梅花缝等。

（5）糙砌（草砌）：砖不加工，不勾缝，灰缝较大，多为加抹灰面的墙体（浑水墙）的砌法。砌砖可作三顺一丁等砌法，若为顺砖清水墙面，其墙心仍需加砌暗丁。

（三）几种砖墙

我国古代地面建筑用砖砌墙比夯土墙与土坯墙都迟，目前发现最早的是洛阳市汉河南县居住遗址的几处房基[12]和方仓等，都比较简单，不如同时期的墓室建筑那样规整。除砖塔外，此后进展也相当缓慢。到唐宋时期才较多的在土坯墙下用砖砌筑“隔减”。元代已有质量较高的实砖墙、包砖墙、包框墙。明代起较广泛的用砖砌墙，并在南方发展了空斗砖墙。历代地面建筑的砖墙砌法，除空斗砖及饰面砖外，基本上都是用平砖砌筑。现将上述几种砖墙分述如下：

1.实砖墙

明清建筑除无梁殿砖塔之外，仍以木构为骨架，砖墙只作围护或分隔之用，不承受荷载。墙体做法，除窗下槛墙以外，墙的下部做“裙肩”（宋代称“隔减”）按清工部《工程做法》规定，裙肩高度为柱高的1/3。上部墙身较裙肩约薄五分，墙身“收分”每高一尺收进一分。元代以前隔减与墙身同样收分，在裙肩墙的四角置“角柱石”。裙肩与上部墙身之间砌“腰线石”一道，或称“押砖板”。这些“裙肩”、“收分”、“腰线石”、“角柱石”等的构件和做法，是渊源于唐宋或更古老的夯土墙或土坯墙做法。古代的裙肩（隔减）是为防止雨水侵蚀之用，角柱石可能是为保护转角处夯土或土坯免受碰伤，腰线石或押砖板是为了便于在上面夯筑土墙，收分则全是摹仿古代筑墙的遗规（见《考工记》）。但是全用砖砌筑时，这种方法只会费工折料，徒具形式而已。

2.包砖墙

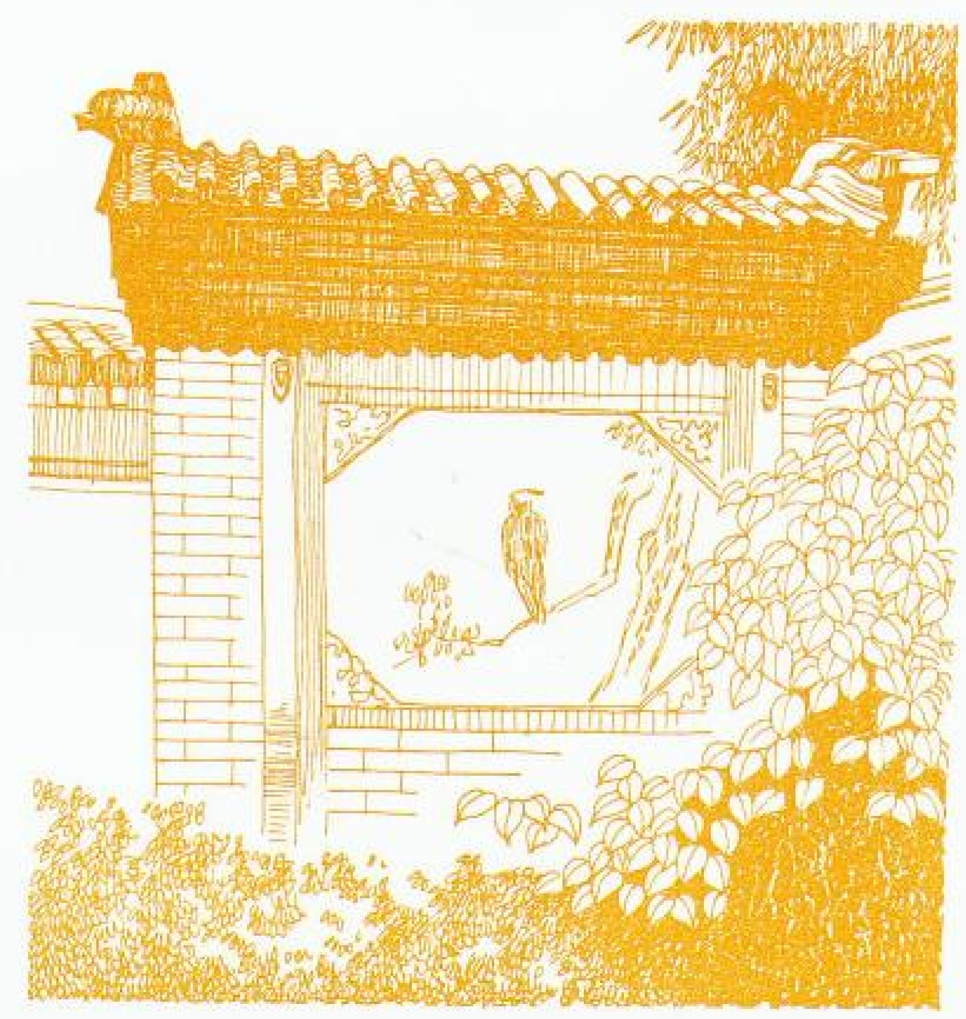
包砖墙在明代或更早以前即有此做法，比较经济。它是用整砖与土坯或碎砖合砌的砖墙。它又分两种砌法：一种是墙体四周砌砖，中心填馅用碎砖或土坯，俗称“金镶玉”。如河北正定隆兴寺摩尼殿后檐墙，在裙肩以上墙身为明代改建，外砌平砖面，间有平丁砖，中间用碎砖填馅，墙心下部羼白灰土，上部羼泥土。到清代这种做法更多，如故宫大红墙及北海永安寺各殿墙壁及很多民居都是好砖砌外皮，中加暗丁，内用碎砖灰土填馅。南方空斗墙斗内填碎砖土等，俗称“金满斗”，也是包砖墙的做法。另一种做法为外面作平砖顺砌，内侧砌土坯，每隔三、五层加平砖丁砌，使其互相叠压，俗称“里生外熟”。如正定隆兴寺摩尼殿侧墙上身（明代改建），就是使用这种砌法，外皮砖墙为平砖顺砌，每隔几层砌平砖，作三顺一丁，使与土坯联系。

3.包框墙

元代已有包框墙做法。到明清时代，尤其清代，这种做法很多。墙体的裙肩及上身两侧与墙顶四边作实砌砖墙，形如镜框，框内壁心的构造与四周包框不同。壁心略为收进，可砌实砖、碎砖、空斗、土坯等，但壁心外表都装有饰面层或抹灰，不能看见内部构造。这种墙壁多为门墙、影壁、看墙、院墙等的做法。按其壁心表面装饰分两种，一种叫“硬心”做法，是在壁心用斧刃方砖磨砖对缝斜摆贴面，华丽的则在壁心当中及四角用各式雕砖嵌饰。另一种叫“软心”做法，是将壁心抹灰做成白色素面，周边用木条做成花纹图案压边，中间挂字牌上写如平安、鸿禧等，或在粉墙上加壁画，或作光面影壁；在它的前面立石、种树、植花（类如盆景）。或在包砖框墙与壁心四界处作各种砖线脚及柱枋（图6－1－13）。一般简单院墙如北京后英房元代居住遗址的院墙，则在壁四边与包框砖墙相接处用一层砖压边起混[13]，或如北京北海永安寺万佛楼前照壁砖框两侧，将砖向壁心作牙状伸出半截砖，每隔五块伸出五块，俗称“五出五进（图6－1－14）”，壁心垒碎砖抹素灰面。这类墙是既经济而又美观的墙体。



北京四合院垂花门侧的硬心看墙



北京四合院元宝脊软心影壁

图6-1-13

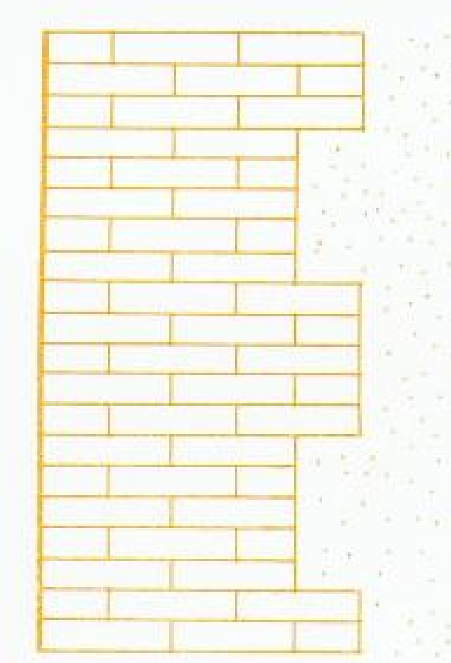


图6-1-14 “五出五进”砌法（北京北海永安寺照壁包框墙边）

4.封火墙

封火墙是山墙的一种，一般称为硬山墙，也是在明代砖的生产大发展之后，才较为普遍。硬山墙是将山墙伸出两山屋面来保护山面木构。在夯土墙或土坯墙做山墙时不可能有此做法，北方

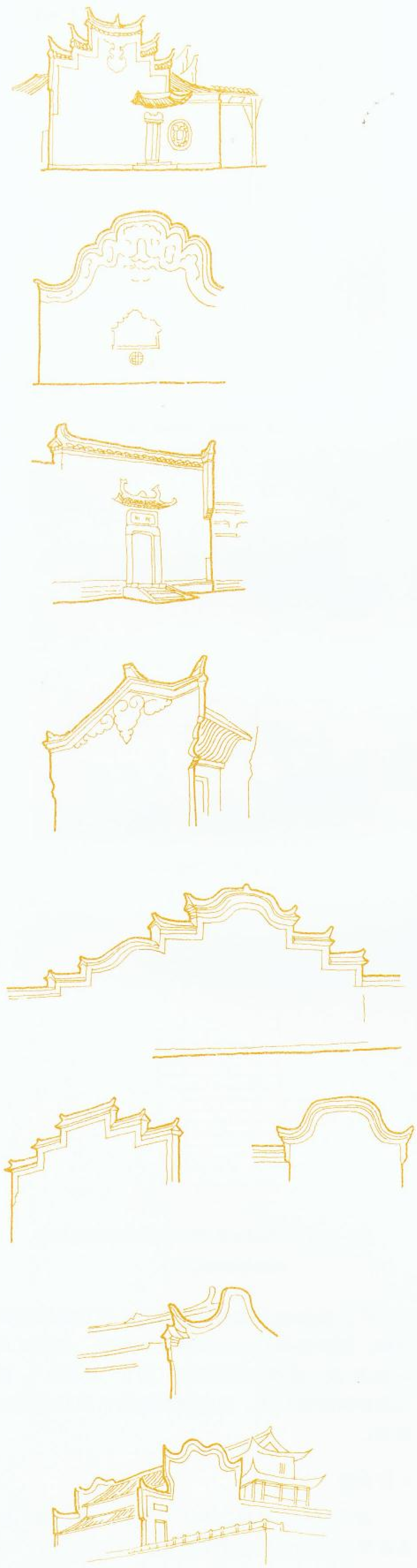


图6-1-15　南方民间建筑封火山墙

地区的硬山墙，民间做法与宫式做法基本相似，山尖伸出屋面不多，只是墀头，墙顶装饰繁简不同。南方地区的硬山墙则与北方的不同，一般按其功能称为"防火墙"或"封火墙"，因防火墙高出屋面，确实有防止火灾蔓延的作用。

封火墙在我国南半部地区民间建筑运用甚广（图6-1-15）。墙身上部高出屋面最低在三尺以上，最高可达五、六尺不等，系根据脊饰的形式和高低而定，即墙顶、花边要高于脊饰，这类山墙有多种形式。有些形式相同而各地称呼不同，如牌楼式又名"五滴水"（四川）、"五山屏风墙"（江浙）、"五岳朝天"（广东）。其余有人字式、观音兜、小僧帽式、如意式、弓背式、三滴水等形式。这类墙顶有的盖两坡瓦顶与瓦脊，有的则披砖垒脊抹灰，檐下抹花边并加彩画，或在脊上与花边等处用瓷片嵌花与作粘塑装饰，或作雕砖花脊等等，内容丰富，技巧各异，而且防火效果较好。

二　墙体整体性的演变

砖墙是否牢固，要看墙体中的各砖块是不是结合成整体。结成整体的条件，必须砖块规格统一、垒砌搭配（砌缝分布）合理、并有较强的粘结材料；这三者具备，才能使零散的砖块联成整体。封建社会初期，劳动人民已用模制砖，砖的尺寸已具有统一规格。到西汉初期已开始趋于定型，到东汉时已基本达到定型，为以后垒砌较为复杂的墙体构造准备了条件。但在西汉时，还只垒砌单砖（一砖宽）墙体或两单砖墙相并，待到东汉才有少数两砖以上的厚墙构造，垒砌搭接才比较合理，有一个经验积累过程，至于运用粘结材料则更晚。战国时期虽然已用泥浆粘结，实际只起垫平作用。东汉有用纯灰胶泥砌筑，但为数不多。宋代以后用灰浆砌筑才较普遍。故在唐代以前还有很多采用粘土胶结。这一方面对墙体构成整体性的进展，又比砖的定型标准及砌缝合理搭配更迟一些。

（一）砖的定型

条砖的长、宽、厚等尺寸的比例在西汉中期以前，还处于探索过程中，长、宽、厚的比例还没有定型。如河南新郑县出土战国时期郑、韩故城冶铁遗址，通气井壁的砖尺寸就有长为25、26、28厘米三种，宽为14、15厘米两种，只有厚度同是10厘米。陕西临潼县秦俑坑的铺地砖有24×14×7、42.5×19.1×9.7、42×14×9.5、38×19×9.5厘米等四种。在始皇陵附近还发现一种40×12×8厘米的条砖。以上这些砖的长、宽、厚比例，既不成整数，也不是级数（见附表）。故这类砖只能作某一特殊而简单的砌体之用。但应指出，砖的尺寸比例（主要是长与宽成2：1）此时已出现，西汉长安（今西安市）礼制建筑圜水沟拥壁砖为 37.5×18×9.2 厘米，它的长、宽、厚比已接近4：2：1（整数、级数）。从西汉后期各地砖室墓砖的尺寸看，除为少数贵族、豪门所特制的外，一般都趋向定型化。即成4：2：1的比例，大约可分为两种类型，一种类型砖长为40厘米左右，宽20厘米左右，厚10厘米左右。另一种类型砖长为25厘米左右，宽12厘米左右，厚6厘米左右。它们的长、宽、厚比例都接近4：2：1，既为整数比又是等比级数。垒砌墙体可以灵活配搭。另一种类型砖的长、宽比为2:1，而其宽、厚比则为3：1或4：1（见表中带⊕者），这类砖用来砌墙也较灵活，因为厚度对砌缝安排无直接影响，只涉及手工操作时单件砖料的重量是否合适。

从表中可以看出，自东汉开始，在很多地区，由于墙体砌筑需要方便砖的组合搭配，砖块需要有一定比例，促进了砖的生产逐渐趋向定型化，并已形成上述两种比例，此后一直沿用到明清时期。

（二）砖块砌筑与搭接

从已知例证看，用条砖砌墙，在西汉时期多为单砖顺砌墙体。少数为使墙体稳固或能承受压力与推力，曾将墙壁增厚，由单砖增加为双砖或三砖宽的厚度。不过都是二或三道单砖墙相并，还没有彼此搭接，联成整体。如西汉长安礼制建筑圜水沟的拥壁上部七层砖砌墙体，厚54厘米，约三砖厚，即为二或三道平行单砖墙相并，各不相联。同时期有些砖室墓墓壁也有这种现象。对于墙体转角或两墙相交的地方，也多彼此相倚而不相搭接（图6-1-16）。到东汉开始，为了砌筑搭接方便，在垒砌双砖或三砖的墙体时，就采取了丁砖与顺砖交互垒砌，使前后的单砖砌层联成整体。如河北定县北庄东汉初期的砖墓壁[14]，一种壁厚1.35米（三砖长），一种壁厚0.96米（2砖长）都采"玉带墙"式的砌法（图6-1-17）。甘肃武威管家坡3号汉墓[15]门券上的37厘米厚照壁砌法，则在平砖顺砌的墙体中每隔几层加一层平砖丁砌，皆可达到墙体的完整与稳定。对于墙体的转角或两道墙体相倚的地方，也已在两墙之间用丁砖相互拉接，彼此联系成一整体，如广州东郊汉墓、山东禹城汉墓[16]，都是相倚的墙联成整体的例子（图6-1-18）。从此以后改变了以前两墙相倚不相联的砌法。到宋元时期的地面建筑，砖墙内外皆用平砖顺砌，但在墙体中间必加"暗丁"搭接，联成整体。

（三）胶结材料的运用

古代劳动人民为使砖墙稳定，联成整体，除了改进砌砖合理搭接外，最初采用泥浆垫平砖缝。这种做法在战国冶铁遗址通气井壁已有运用，直到宋、元时代的各类砖墙都还广泛采用。至于用石灰浆作粘结料，在东汉时期也已采用。如河南密县打虎亭及河北望都一、二号汉墓等就用石灰浆胶结与灌浆，不过为数极少，到宋代才较普遍用石灰，明代才更广泛用石灰浆砌墙，清代则于重要工程如宫殿建筑用纯灰浆，次者用石灰沙浆，再次者用灰沙黄土的混合灰泥。至于用石灰浆掺糯米粥作胶结料以加强墙体的整体性，则为较高

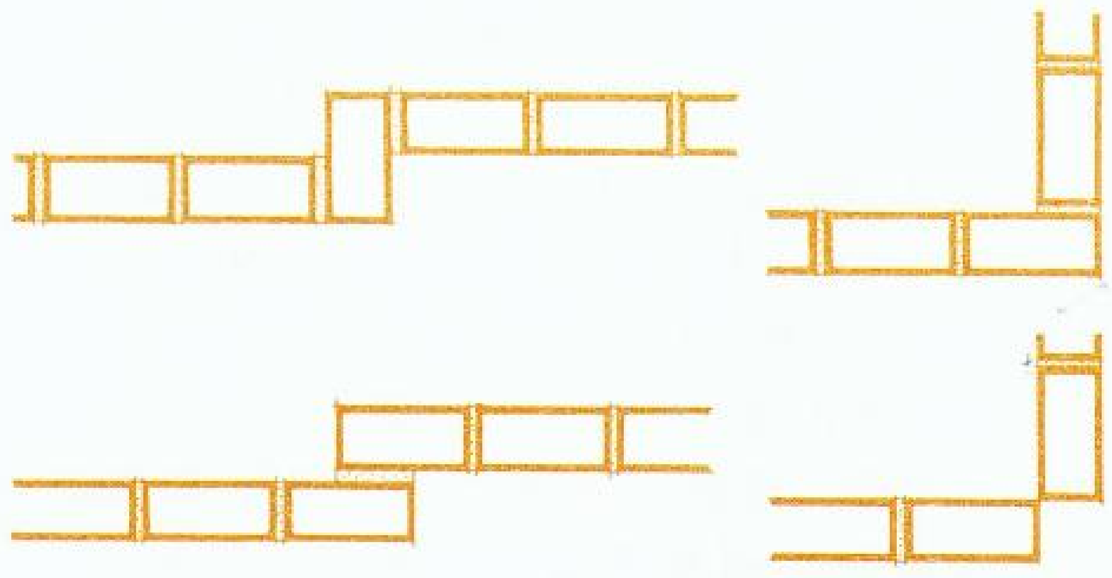


图6-1-16 汉代初期砖墓墙体接头示意

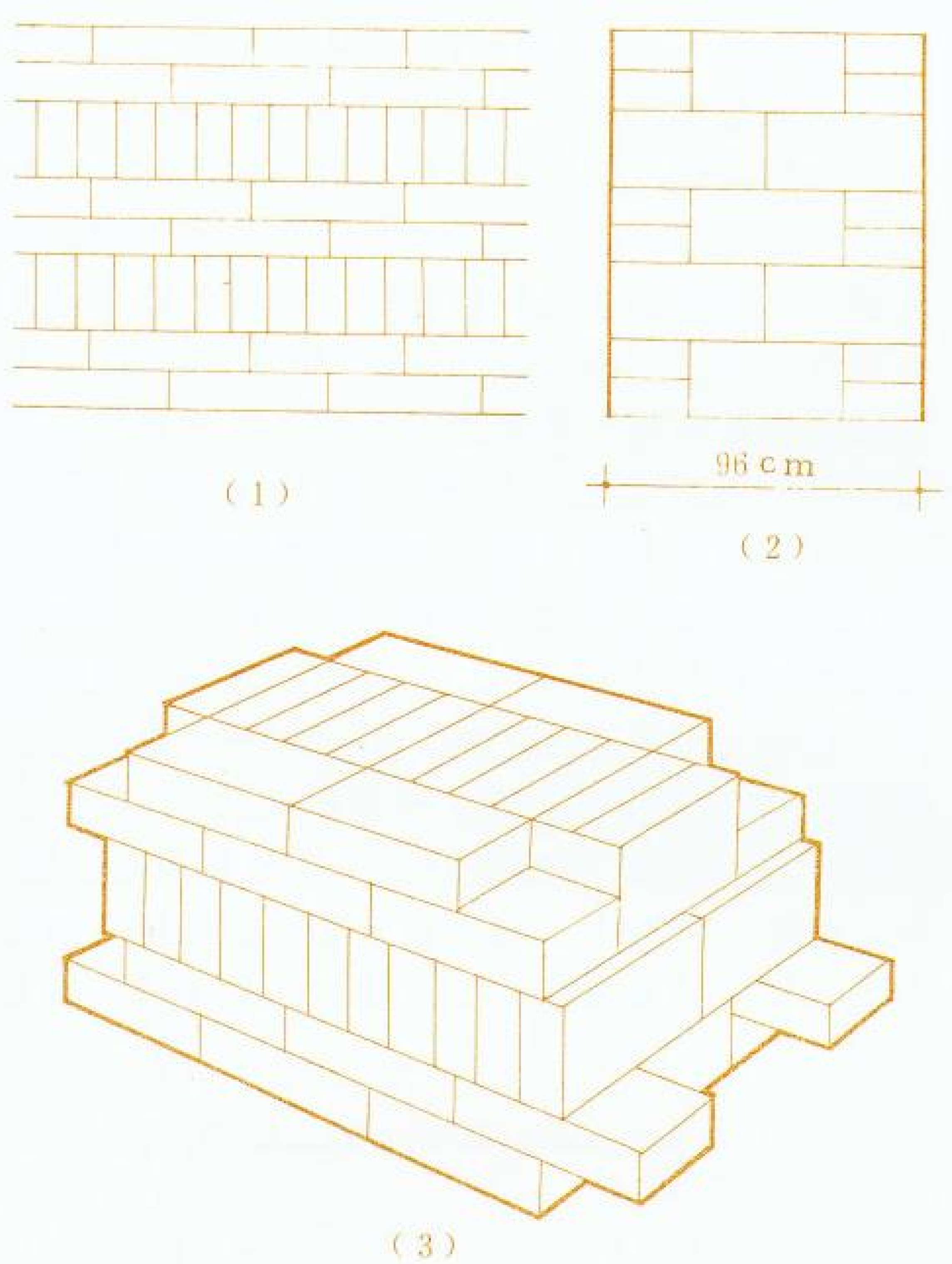


图6-1-17 河北定县北庄汉墓墙体砌法
(1)立面；(2)剖面；(3)透视

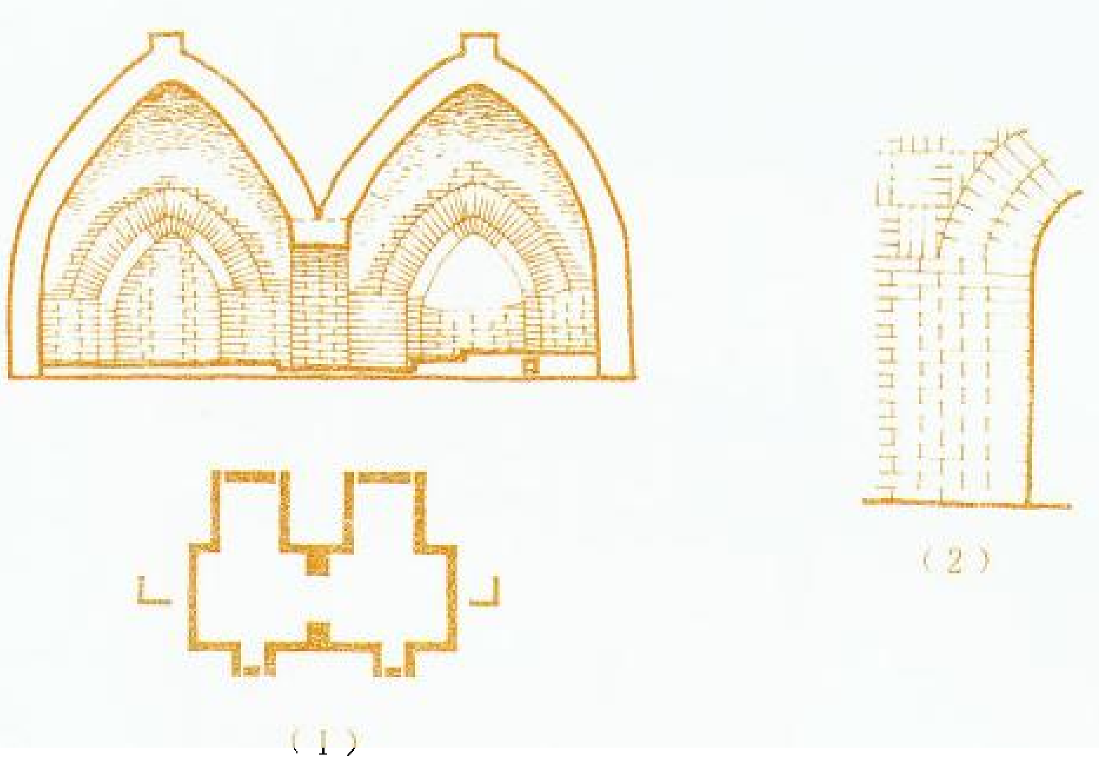


图6-1-18 (1)广州东郊汉墓两相倚墙联成一体示意；
(2)甘肃武威雷台小砖墓转角墙

级的做法，早期所见如江苏淮安一号北宋墓[17]及南宋和州城城门与城垛皆用石灰浆加糯米粥粘砌；以后，明代较普遍地用于城垣、陵墓的砌砖工程。

三、墙体稳定性的发展

我国古代垒砌砖墙，有多种稳定墙身的方式。地面建筑采取厚墙收分和依靠木构架来增强墙体的稳定。地下建筑（墓室）有带壁墙、弧形墙、椭圆形墙、圆形墙、多角形墙及扶壁等做法。

历代小砖规格表

时代	地点	建筑类型	砖的尺寸（厘米）			长：宽：厚	说明
			长	宽	厚		
战国	河南新郑	冶铁遗址通气井壁	25 26 28	14 15	10	2.5:1.4:1 2.6:1.5:1 2.8:1.5:1 2.8:1.4:1	丁顺配搭不方便，只宜单砖垒砌
秦	陕西临潼始皇陵附近	用处不明	40	12	8	5:1.5:1	同上
秦	陕西临潼秦俑坑	铺地	24 42.5 42	14 19.1 14	7 9.7 9.5	3.4:2:1 4.4:2:1 4.4:1.5:1	同上
			38	19	9.5	4:2:1	灵活配搭
西汉（初）	西安长安城郊	礼制建筑水沟拥壁	37.5	18	9.2	4:2:1	同上
西汉（中）	河南新安铁门镇姚礼台村	4号墓壁	30	15.5	6.5	4.5:2.3:1	只宜单砖垒砌
西汉（末）	同上	10号墓壁	26	14.3	6.5	4:2.2:1	尚可搭配
西汉（末）	西安韩森寨	墓壁	38	18	9	4:2:1*	灵活配搭
西汉末及东汉初	河南洛阳烧沟	墓群墓壁	25	12.5	5.5	4:2:1*	可配搭
东汉（初）	郑州二里岗	墓壁	31	15.5	4.2	⊕7:3.5:1*	同上
东汉（初）	河北定县北庄	墓壁	45	23	11	4:2:1	同上
东汉	河北石家庄	墓壁	42.8	21.5	10	4:2:1*	同上
东汉	广东动物园	墓壁	40	20	5	⊕8:4:1	同上
东汉	广西贵县墓群	墓壁（最长者）	40	20	6	⊕7:3.5:1*	同上
东汉（末）	河北琢县半壁店	墓壁	26	13	6	4:2:1	同上
东汉（末）	山东禹城	墓壁	40	20	7.5	⊕6:3:1*	同上
	湖南长沙墓群	墓壁	36	18	5.5	⊕6:3:1*	同上
	江西遂川天子池	墓壁	37	18	7	⊕5:2.5:1	同上
	甘肃武威雷台	墓壁	32	16	4	⊕8:4:1	同上
汉魏	河南洛阳汉魏遗址	建筑	26	13	6	4:2:1*	同上
唐	陕西乾陵永太公主墓	墓壁	42	30	9	4:2:1	同上
唐	扬州	建筑	30	14	5	⊕6:3:1*	同上
唐	扬州	炉灶	26	12	5	4:2:1	同上
辽初	内蒙古和林格尔土城子	#7 #10墓壁	34	17	6	⊕6:3:1	同上
五代至南宋	四川成都	墓壁	33	16.5	3.5	⊕10:5:1*	同上
宋	营造法式	建筑	13寸	6.5寸	2.5寸	⊕6:3:1	同上
		建筑	12寸	6寸	2寸	⊕6:3:1	同上
明	南京	城砖	37-44	19-21	8.3-11	4:2:1*	同上
明清	北京	城砖	14寸	7寸	3.3寸	4:2:1	同上
明清	北京	建筑	8寸	4寸	2寸	4:2:1	同上

注：* 表示近似值 ⊕表示薄砖（其长、宽比为2：1，宽厚比为3：1或4：1）

（一）厚墙收分

我国古代建筑的墙身以夯土墙和土坯墙为主，西汉才有小砖砌的墓室砖壁，到东汉才有地面建筑用砖砌墙的实例，但墙体为单平砖顺砌，比较单薄，不够稳定。以后历代宫室及寺庙建筑的墙垣，仍用夯土墙和土坯墙，它们均采取厚墙收分的做法。虽然后来改为垒砌砖墙，仍采用厚墙收分的方式。如唐长安兴庆宫遗址几处要建筑房基，其砖墙厚为0.6米。及到宋代官式建筑垒砖墙，据《营造法式》卷十五规定，墙厚为墙高的一半，每次收分为墙高1/10，若是"麤（同粗）砌"，收分取13/100，没有阐明是什么墙。根据它的高厚比（2：1）同收分率（10%—13%），与筑露墙（夯土墙）的规定相同，而大于垒土坯墙的高厚比（4：1）同收分率（3%），所以并不适于砌筑宫室建筑之墙。而山西地区宋、辽、金建筑墙体的高厚比多在4—5：1之间。河北蓟县辽建独乐寺观音阁底层的砖墙高4米，其高厚比为4：1，收分率为2%，与《营造法式》垒土坯墙的高厚比相同，收分率稍小些。由此可知古代采用厚墙收分，是仿照土墙或土坯墙的做法。明清以来，砖墙建筑比较广泛，墙体厚度与收分略有减少。清工部《工程做法》规定：大式建筑墙的高厚比（墙高60斗口，厚12斗口）还是5：1左右，收分率为10%，实际墙的体积并未减多少。这种形式是砖构中最保守的做法。因此若干建筑为了节省材料，墙体采用了"填馅"与"包心"（土坯）的做法，但表里联系不紧密，受到震动反而有崩裂的危险。

至于砖室墓墙体的稳定问题，西汉中后期的承重墙厚一般不超过20厘米，薄的只有6.5厘米（砖的厚度）。这些墙体对于应付上部拱券向外的推力及室外泥土向内的侧压作用，都不够稳定有效。及到东汉初期，有的砖墓已从稳定墓壁的要求考虑，对受力墙体增加厚度，而且有的已达到或超过《考工记》的“墙厚三尺，崇三之”的3：1高厚比。如河南密县打虎亭画像砖石墓，其甬道与前室墓壁厚0.96米（两砖长），平水墙高2.1米，墙体的高厚比约近2.1：1；河北望都一、二号汉墓墓壁的高厚比2.8：1；南京御道街标营一号汉墓墓壁高厚比为2.7：1[18]等。墙体都当作拥壁垒砌。这类墓室，规模庞大，用砖料特多，不是当时的贵族豪强，是无力修建的。约略与此时或者稍晚，各地出现了规模较小的带有壁柱的墓壁。

（二）壁　　柱

用壁柱稳定墙体，东汉时期我国南北各地均已出现，较多用于当时小型砖墓中。壁柱的运用是为了减薄墙体节省砖材而发展起来的。以后在两晋、唐、宋时期都有承继，唯至宋代趋于摹仿木柱形式，没有按照砖结构的特征发挥其优越性。

（三）木构架对墙体的稳定作用

明清以来，南方地区许多以木构架为主的民间建筑，砖墙只作围护分隔之用。不论平房、楼房，硬山山墙有的高达十几米，长度也在10米左右，而墙脚厚不超过40厘米。稳定墙身的办法，往往在墙身上部用铁栓、蚂蝗攀分别攀贴在墙上，穿进墙内拉接在贴墙的木构架或楼层的梁柱上，使高大的山墙与木构架紧密相联，收到木构架稳定墙身的良好效果。这种做法在长江流域和江南各省随处可见（图6-1-19）。

壁柱的做法，是在方形或长方形墓室的墙角或墓壁中部受力较大的地方，加砌壁柱或双层壁柱，用以加强结构，稳定墙身。如江西清江武陵东汉1、2号墓[19]，墓一，墓室全长9.37米，近墓壁中部砌出一组对称的双层壁柱，柱上砌拱券，加强了两侧壁体及券顶；四角起角柱，柱上也砌拱券；后墙正中加砌中柱，用以增强墓室端部结构（图6-1-20）。墓壁厚53.5厘米（三块砖宽），作平砖顺砌错缝。与这种结构相同的汉墓，在清江地区及赣江流域很多。其他如河南邓县彩色画像砖墓[20]，洛阳西晋洞室墓第8号墓[21]，江西南昌晋墓[22]及四川成都地区唐、宋中小型墓[23]等，它们的墓壁厚大都为一砖的长度，都是采用壁柱稳定了墓壁。此后明代的无梁殿如太原永祚寺、清代的北京西山无梁殿，它们下面墙体就是采用密集的壁柱以支承它们上部结构。

（四）扶　　壁

扶壁墙是帮助受力墙体稳定的一种墙体，它开始出现于东晋末期，发展于南朝，盛行于南京地区。南京幕府山1号墓[24]在墓室外两侧各有三道砖墙，横立在墓壁与土坑壁之间，分前、中、后三道（图6-1-21）。墓室建造在事先掘成的一个长约20米、宽约8米、深约7米的大竖穴内。墓室连甬道共长8.16米，宽5.4米。上部为圆弧形券顶。壁厚0.36米，周围及上部填筑黄土。两侧的三道横砖墙墙脚宽约0.9米，墙厚0.36米，前、中、后三者高为3.84米、3.6米、3.5米。后两道横墙的高，基本与墓券顶同高。两翼逐次减低。《清理简报》“认为是作挡土和保护墓门和墓室用的”。从它位于墓壁外侧来看，不起挡土的作用。而应是为抵抗券顶对于墙体向外的水平推力而设。在这一地区，曾经发现很多比这座墓稍晚而具有这种扶壁的六朝砖室墓，如在江苏丹阳胡桥的南朝大墓[25]（图6-1-22），南京栖霞山甘家巷六朝墓群第4、6、13号墓等，都在预凿石坑或土坑内的坑壁与墓壁周围建筑扶壁，支撑着承重的墓壁。丹阳胡桥南朝大墓及南京栖霞山甘家巷六朝6号墓[26]（图6-1-23），墓室平面都是长椭圆形，上砌穹窿顶，建造在挖凿入地的土坑或石坑之内，上筑封土。胡桥大墓墓壁周围砌有扶壁23道，平均每道长1.3米，高2米，厚0.34米。每道扶壁都一端垂直顶住墓壁，另一端抵在坑壁上，起着稳定墓壁的作用。栖霞山甘家巷6号墓墓壁外周只砌有扶壁8道，数量



图6-1-19　（1）四川内江王爷庙山墙上的蚂蝗攀；（2）南方建筑硬山墙与木构架的连接示意图

1.蚂蝗攀；2.木构架

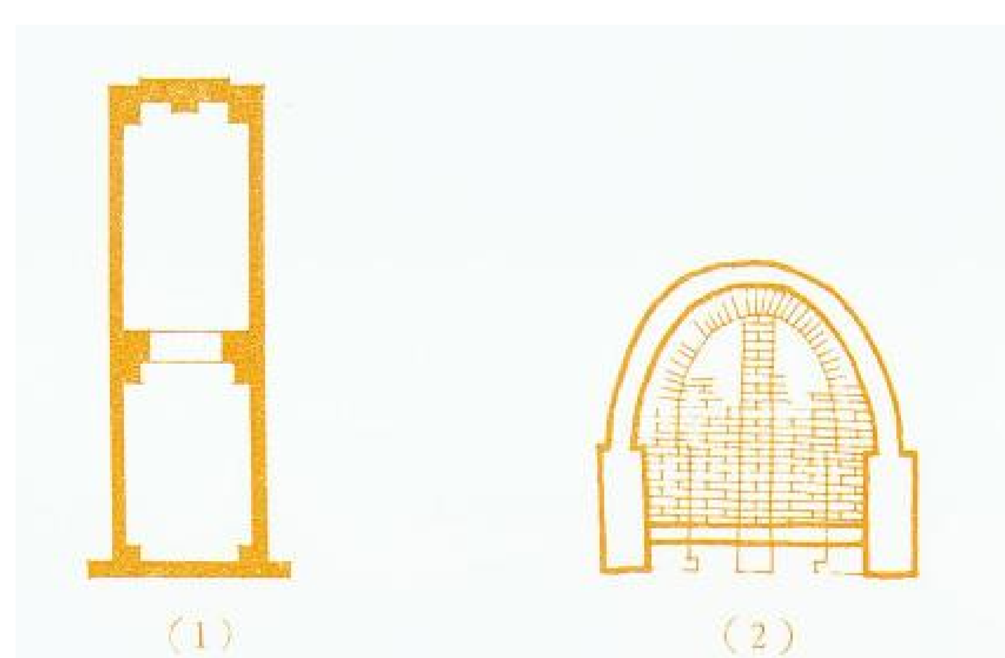


图6-1-20　江西清江武陵东汉墓示意图

（1）平面；（2）后壁

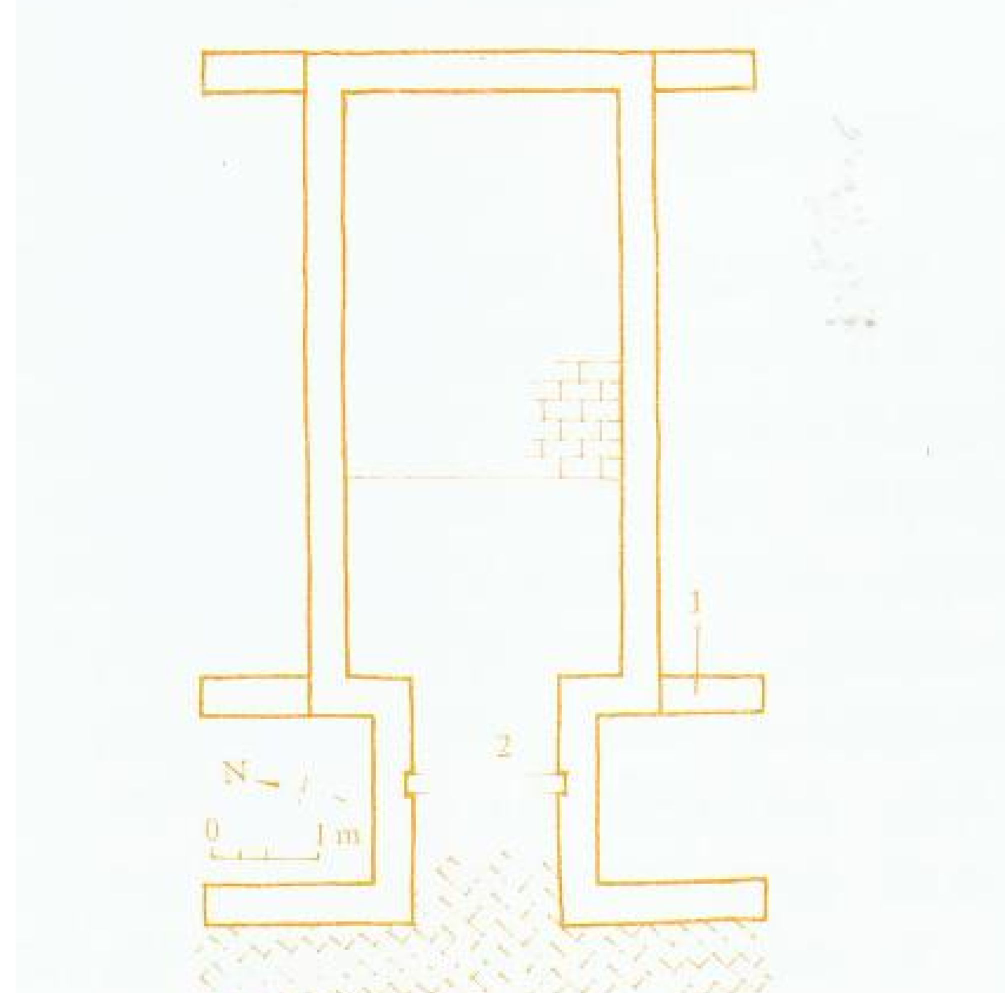


图6-1-21　南京幕府山六朝墓1号墓

1.扶壁；2.门槽

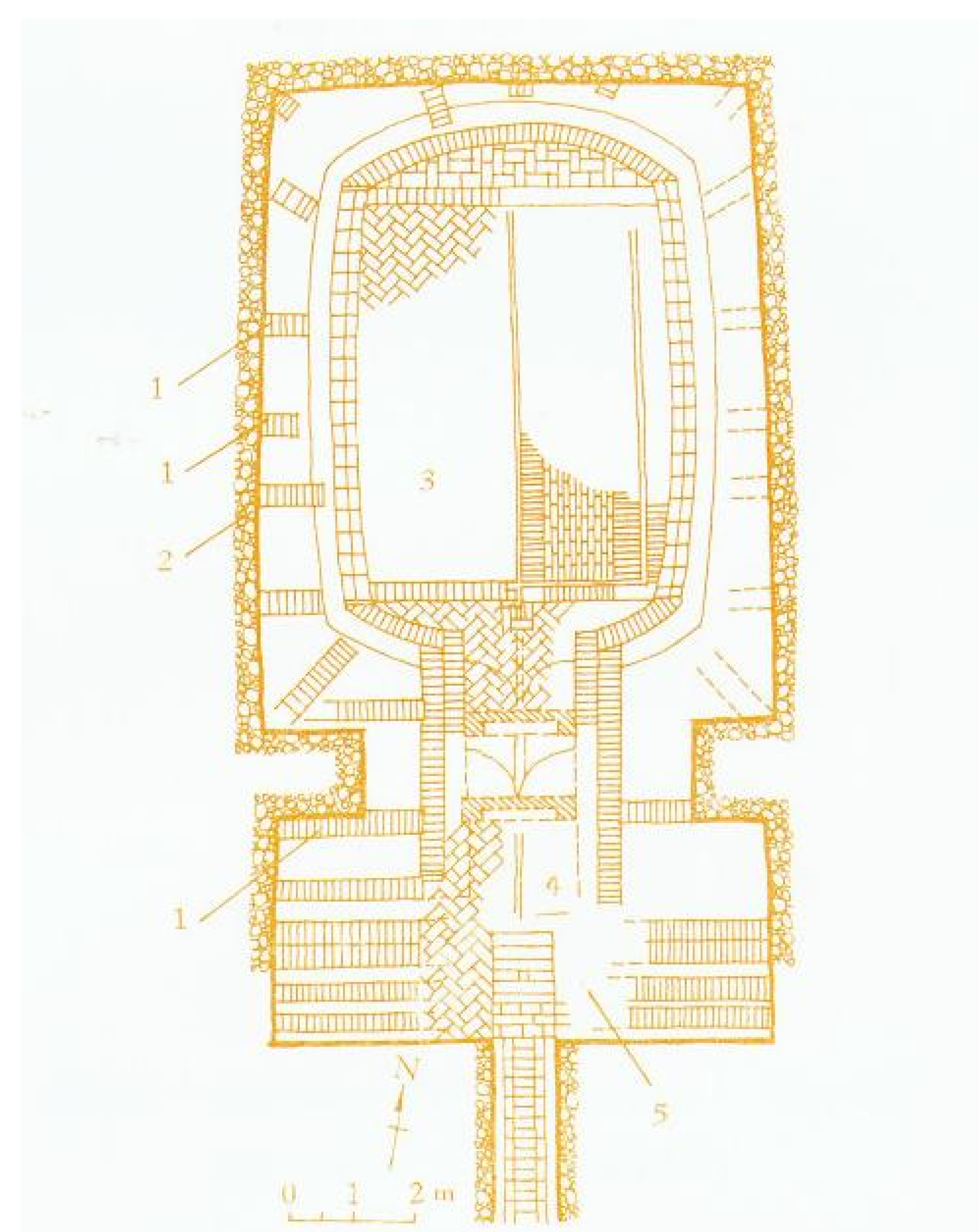


图6-1-22　江苏丹阳胡桥南朝大墓

1.扶壁；2.山岩；3.墓室；4.甬道；5.封门墙

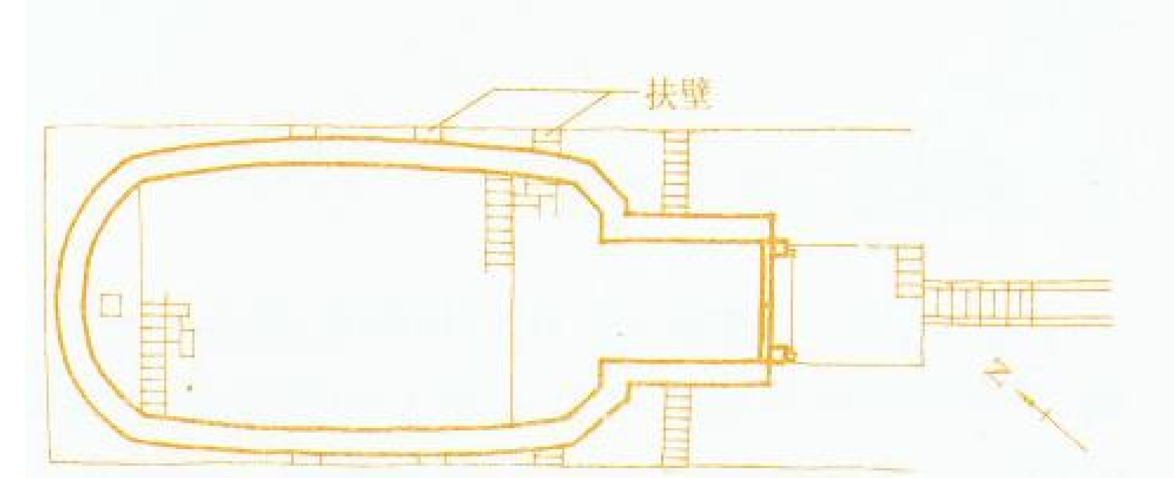


图6-1-23　南京栖霞山甘家巷六朝墓6号墓

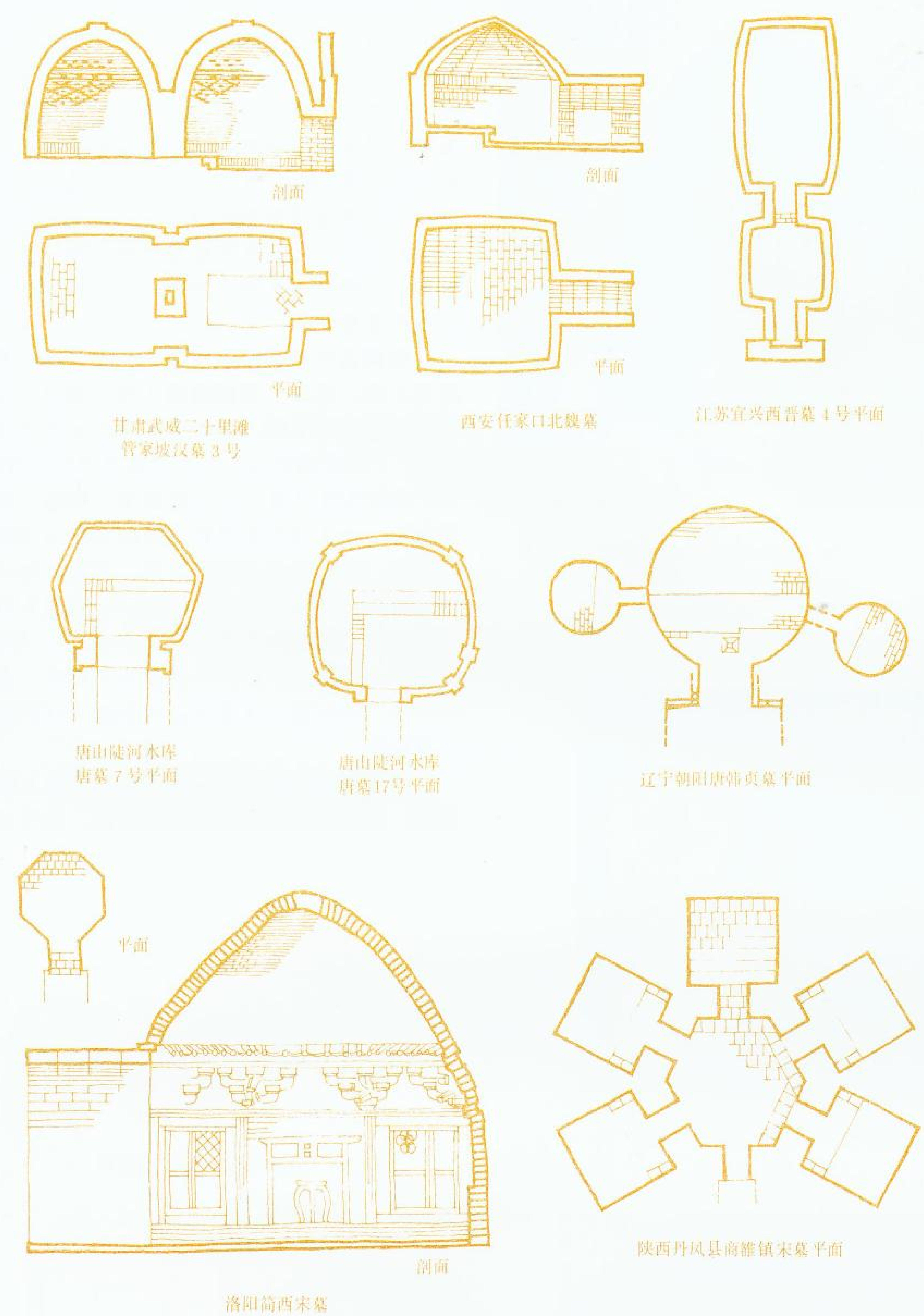


图6-1-24 各时期墓室表现的弧型墙与多角型墙

比胡桥大墓的少，而且位于墓壁稳定性较差的地方，其位置的选择，无疑是经过考虑的。扶壁的运用是砖结构穹窿顶建筑技术发展中的新作法。是我国古代劳动人民的创造。不过这种扶壁还没有很好的与砖壁联成一体而发展下去，及到唐宋时期又逐渐为仿木构造所代替。

(五)弧形墙（包括椭圆形、圆形）、多角形墙

弧形墙体也是从东汉开始发展的一种较薄（一砖厚）的壁体，有利于抵抗墓室四周土的侧压。它的做法是将墓室四壁向外凸出成一弧形墙面，甚至发展成为双曲线墙面，在两晋、南北朝、隋、唐时期都有这种做法。到了辽、宋、金时期墓室平面进一步发展成多种样式，如椭圆形、圆形、腰鼓形、多角形（六角、八角）等等（图6－1－24)。墙体的弧度更加凸出，更有助于墙体的稳定，它的受力分布也更均匀，结构形式也更合理，墙体更适合于上部结顶及室外填土的侧压。这类墙的做法流行很广，如在内蒙古自治区以及甘肃、山西、辽宁、陕西、河北、河南、安徽、湖南、江苏、浙江等省都可见到。

砖结构的发展受木身材料性能的支配，但是社会思想意识也给予影响。显著的如辽、宋时期的砖塔、砖墓用砖石材料摹仿木结构形式非常突出，往往在砖壁的转角、墙头、墙面等处镶砌直柱、斗栱、梁枋、檐椽等，如洛阳涧西宋墓，在墓壁转角处所镶嵌的直柱均作竖砌，与两侧墙砖不相搭接，有损墙体的整体性与稳定性。

第二节 砖顶结构技术

砖顶结构具有耐腐、耐水、耐火等特性，我国古代多用于墓葬、砖塔、城门洞、无梁殿等建筑上。在长期使用过程中，砖顶的结构和施工方法都不断地有所创造、发展，由梁板式结构发展到筒拱结构、拱壳结构，在砖顶结构技术上获得较高的成就。

一 梁板式砖顶结构的产生及其发展

这是砖顶的一种早期结构形式，见之于空心砖墓的墓顶结构（图6－2－1)。空心砖墓出现于战国晚期，盛行于西汉前期，当时制砖技术的进步已能烧制出一种质量较高的空心砖，来代替木椁，因此空心砖墓也可以说是砖椁墓。早期的空心砖墓是砖木混合式的，即四壁及地面用砖，顶盖用木板。以后才用空心大砖代替了顶部的木板，所以，空心砖墓所采取的梁板式墓顶结构，是因袭木椁墓的墓顶结构而来的。

以砖代木来作墓顶结构，构件的断面却并没有全仿木材做成实心，而是根据砖的特点把砖做成一个空腔，犹如现代的混凝土空心板。这样不但减轻了砖的自重，并有利于把砖坯烧透。同时从梁板式受力构件的断面形式看，空心砖是一个比较合理的断面形式，但用砖来作受弯构件，就不能很好地发挥砖的特性。因为砖是一种耐压而

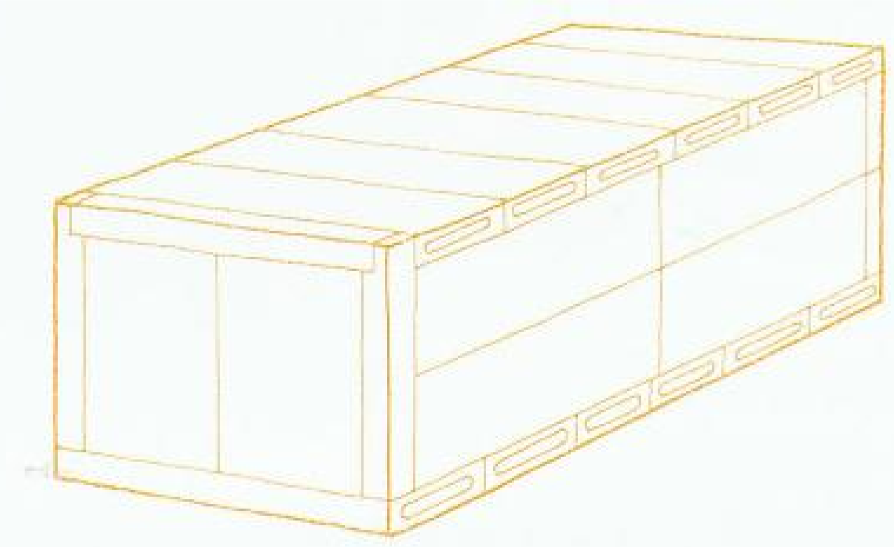


图6-2-1 空心砖墓示意

不耐拉的材料，空心砖的梁板式结构是一个受弯构件，跨度不能很大，以免空心砖下部拉力过大而断裂。也就是说用空心砖来做顶盖，它的长度将受到一定的限制，另一方面空心砖的长度也受到制坯上的局限。因为工匠用“片作法”制坯时，须将手臂伸入空腔里合缝抹平，故空心砖的长度不能超过手臂长度的两倍。因此，一般的空心砖长都在1.3米左右，最长亦不超过1.5米。

由于葬制从单棺葬变为双棺葬，空心砖顶盖结构的跨度也必须随之增大，这就出现了顶跨加大与空心砖长度有限之间的矛盾，于是用两块空心砖作顶盖，并在墓室中间加一道纵墙，以使横跨墓室的两块空心砖在中间获得一个支点。上述解决矛盾的方法，并不能满足双棺葬的要求，实际上是把双棺分开为相邻的两个单棺墓室。必须找到一个办法，去掉中间那道墙，使墓室成为一个空间。于是由两块空心砖构成的“尖拱”就产生了。但尖拱并不能完全解决问题，因尖拱如做得坡度很平缓，则对两侧墙身的推力较大，墓的牢固性亦不能保证。如拱的坡度做得陡，则墓室的宽度仍感局促。为了改变上述状况，“折拱”就继

而产生。

为了增加空心砖顶盖跨度而产生的这种“尖拱”、“折拱”形式，在结构上是不成熟的，加之空心砖与空心砖之间的榫卯和制坯较复杂，以及空心砖的规格品种多等原因，故它的出现时间不长，数量亦不多。

二 砖筒拱结构技术的产生与发展

筒拱结构的产生必须具备一定的条件。这些条件有：

（1）对砖的材料性能和拱的结构作用逐步有所认识，如在春秋时期已出现筒状陶制下水管，可以给予均匀受压构件的启示。至烧制陶器的窑顶上用拱结构也早已存在，如根据秦都咸阳遗址中发现的窑址残迹推测可能原为土坯砌筑的拱顶等。总之，在砖砌筒拱结构出现之前，人们对拱的力学性质的认识已有相当长的历史了。

（2）砖墓中原有的梁板式砖顶结构形式已不能满足顶跨增大和结构强度要求增高的需要，要求产生新的结构形式。跨度增加的结果，陶质材料用梁板的形式不能适应，必然向拱的方向发展。而实践的过程是由梁板结构转变为“尖拱”、“折拱”，发展到拱结构。当空心砖墓发展到“尖拱”、“折拱”阶段时，在结构上和构件制作上仍存在不能克服的困难。这时，原始的拱结构和烧制简便的条砖结合起来，组成了条砖并列筒拱。因此，可以说“尖拱”和“折拱”是由梁板式结构发展到筒拱结构之间的一个过渡阶段，筒拱结构的出现是必然的。但条砖墓并非一下就全部代替了空心砖墓，而是存在着一种空心砖与条砖混合使用阶段。这种混合砖墓用条砖筒拱结构做顶盖，而墙身及门等仍用空心砖，可见变化首先是发生在顶盖结构这个关键问题上。

（3）采用了合适的砌拱材料——条砖。条砖是砌筑筒拱的主要材料，但它并非因筒拱顶的需要才产生，而是早已有之；只是顶盖结构发展到拱券时，条砖被认为是一种比较合适的砌拱材料而加以运用。烧制条砖的出现是比较早的，汉以前的条砖实物有河南新郑的战国砖和陕西临潼始皇陵陶俑坑用作铺地及补墙的秦砖等。但随着拱的出现也产生了一种新的条砖类型——楔形砖，这是一种为了适应拱的弧度需要而做成一边厚一边薄的砖，以便与等厚的条砖配合使用而叠砌成弧形拱顶。楔形砖常和条砖合并使用，以调整拱券弧度，如广州东汉墓所见（图6-2-2），稍后就有用榫卯砖。榫卯砖最早用于墙体，后来才用于筒拱顶盖。榫卯砖的运用对并列筒拱的整体性有所加强，同时也便于施工（图6-2-3）。

筒拱的砌筑技术在西汉中叶盛行起来，开始时筒拱结构采取并列拱的构造方式（图6-2-4），这可以从空心砖与条砖混合墓的过渡形式中看到，如河南禹县白沙汉墓，及洛阳西汉壁画墓等。也可见之于早期条砖筒拱墓，如洛阳烧沟汉墓等。并列拱的构造有（图6-2-5）所示三种方式，图中1、2两种一般拱厚为半砖，也有拱厚二层半砖的，前者配用楔形砖，而后者配用扇形砖，第三种是以条砖的厚度起拱，这是随着墙厚为条砖厚而产生的一种构造方式。用砖量较经济，但较少使用，其中以第一种方式使用较为普遍。稍晚，出现纵联拱（图6-2-6），这种同为筒拱而采用两种不同的构造方式，并非仅是外观上的变化，实质上是代表着两种不同的施工方法，并列拱易于在里面衬砌，故早期的筒拱多采用并列拱砌法。但券与券之间联系差，故筒拱的整体性不强。而纵联拱的衬砌较困难，故其出现亦较并列拱迟，但筒拱的整体性较好。

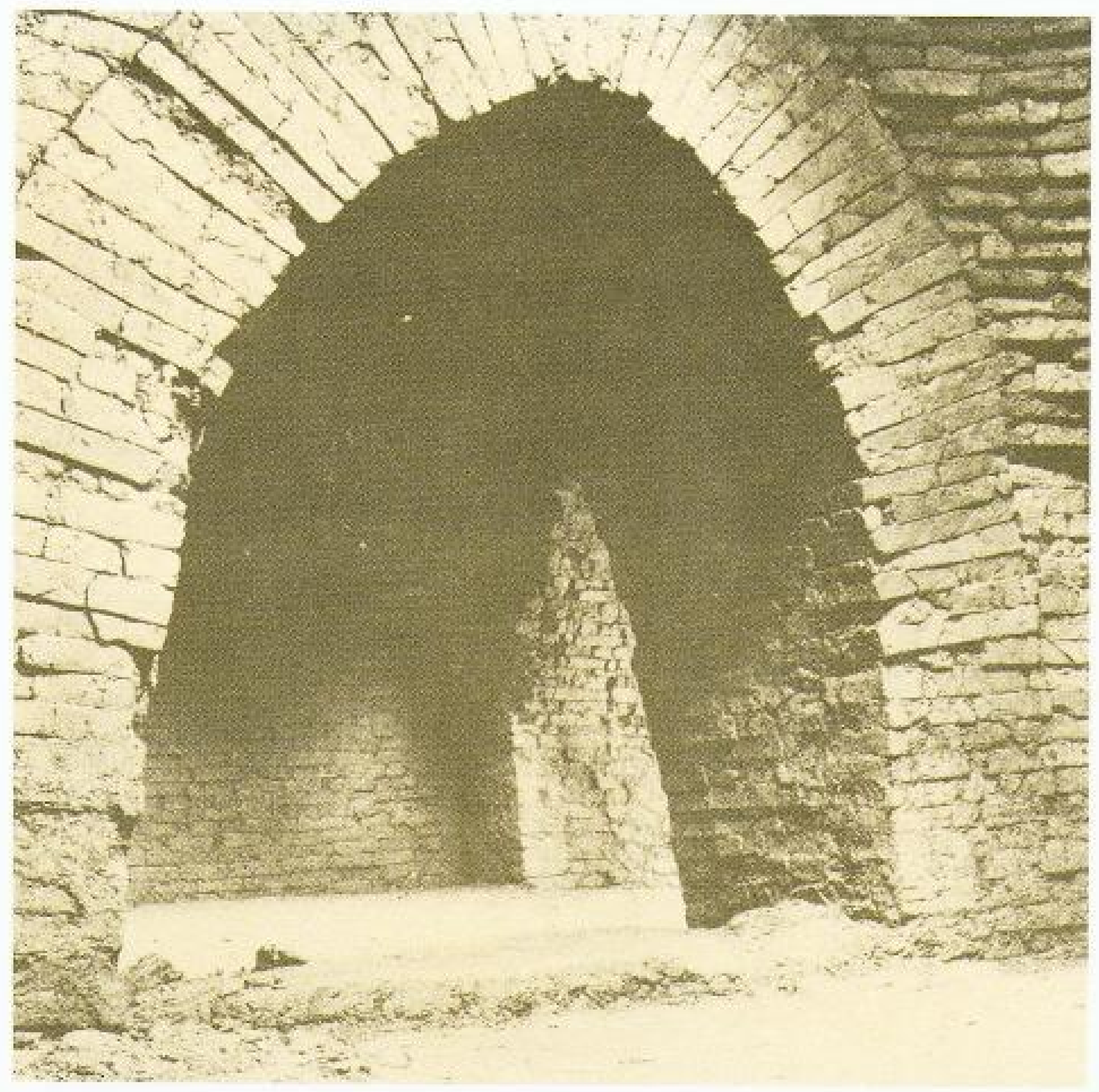


图6-2-2 广州汉墓出土墓5081的券形过道（东汉后期）

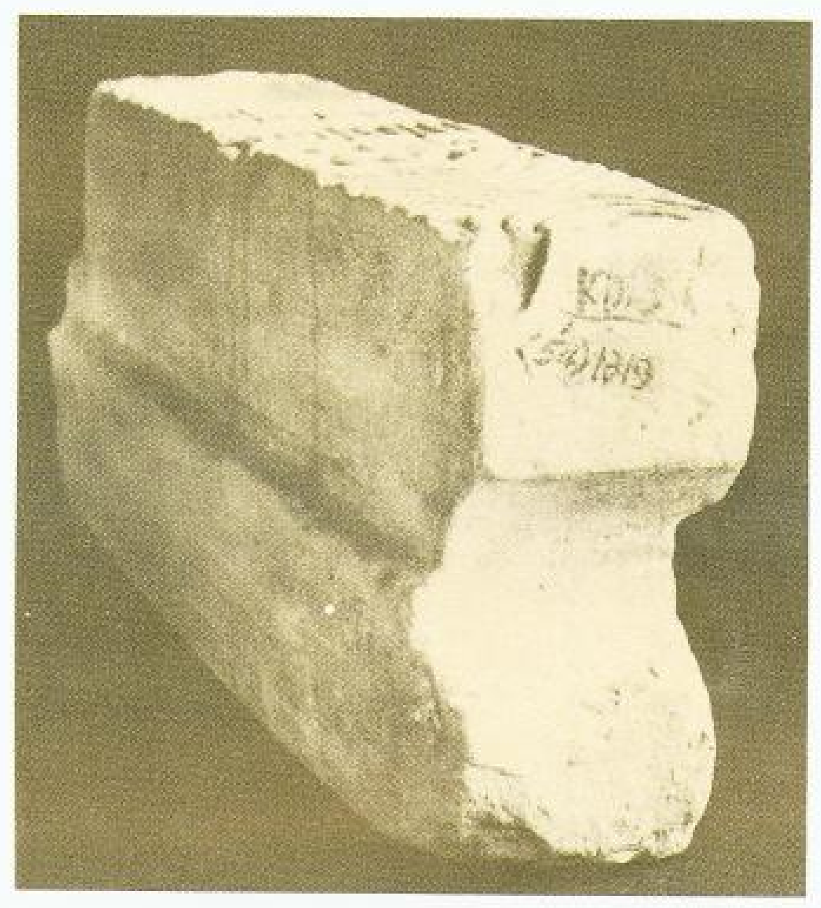


图6-2-3 （1）东汉榫卯砖凹的一头

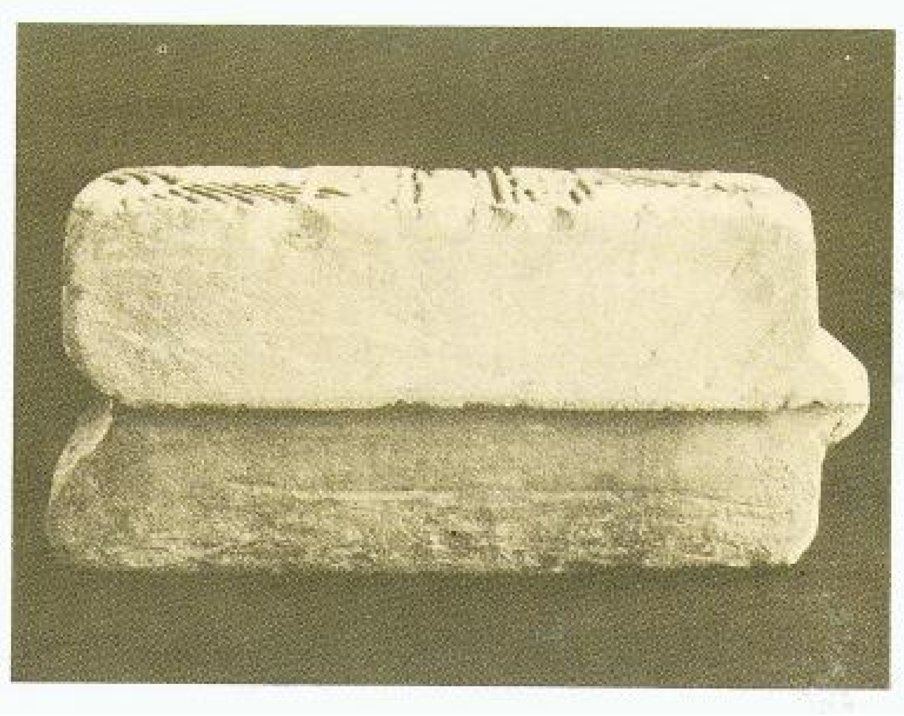


图6-2-3 （2）东汉榫卯砖正面（长33.5厘米，宽18.8厘米，厚9.2厘米）

筒拱结构到西汉末年由于墓室平面由长方形向方形变化而逐步被拱壳及四边结顶结构所替代。但它并非如空心砖墓顶部结构那样逐步被淘汰，而用于一些平面仍为长方形的墓室中，以及墓道、甬道及耳室的顶部。这说明筒拱形式对平面为窄长形“廊道”式空间是比较合适的，而对平面为方形或近乎方形的“厅堂”式空间则不合适。故筒拱结构从西汉末年起就退居次要位置，直至元末由于解决了大跨度问题，又回复到砖顶盖结构中的主要地位。

我国古代早期的砖拱结构，除了用于墓葬、涵道之外，还用于军事地道工程。发现于安徽亳县的砖筑地道工程，沿城内十字交叉的干道两侧修筑，工程规模很大。部分为两道并行，相距2.5米，其间有传声筒（20×30厘米）相通。地道两壁砌砖，近于汉末至晋代习见的侧砖与平砌相间的砌法。其上为单皮砖砌券顶，有纵联与并联两种，跨度在0.64—0.80厘米不等，地道入口为券顶所留通至地面的方孔（40×40厘米）。据研究，这处地道经汉末至宋代长期使用与修补，其上限当约在三国时期，这是我国现存的古代军事地道工程孤例。

元末明初砖砌筒拱结构在地面建筑上运用较普遍。城门洞元以前多为木架承重。南宋至元代

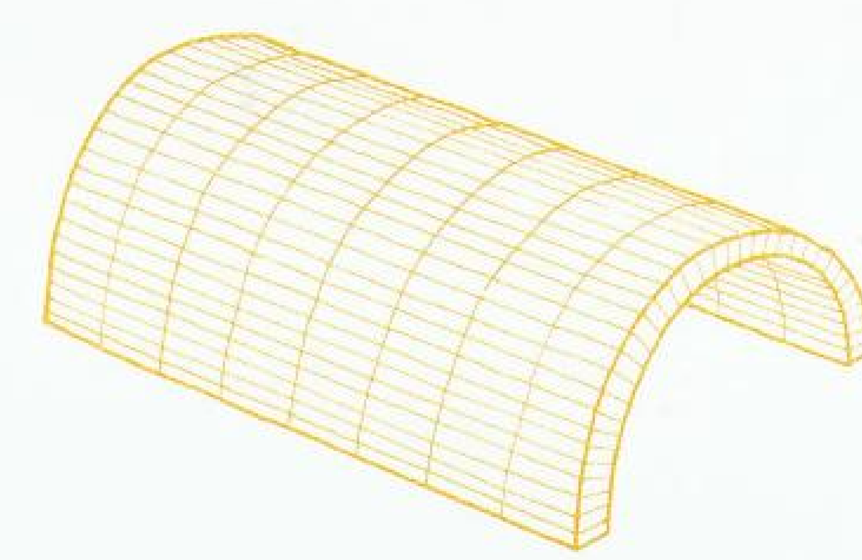


图6-2-4 并列式筒拱

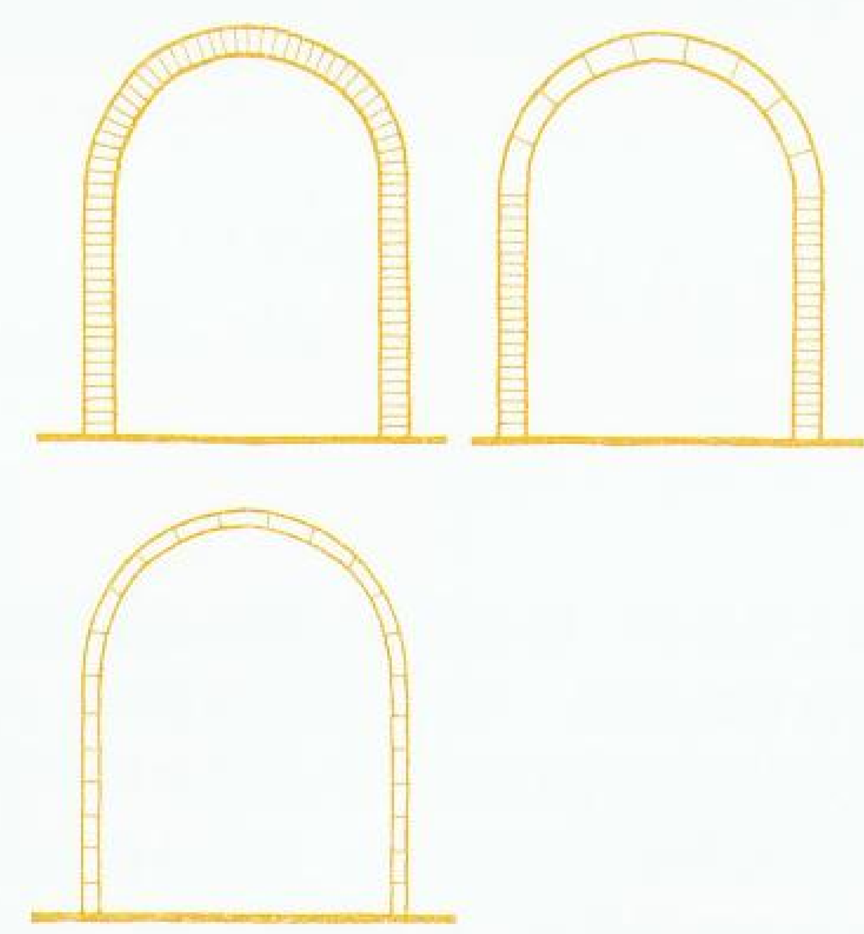


图6-2-5 并列拱的几种基本构造方式

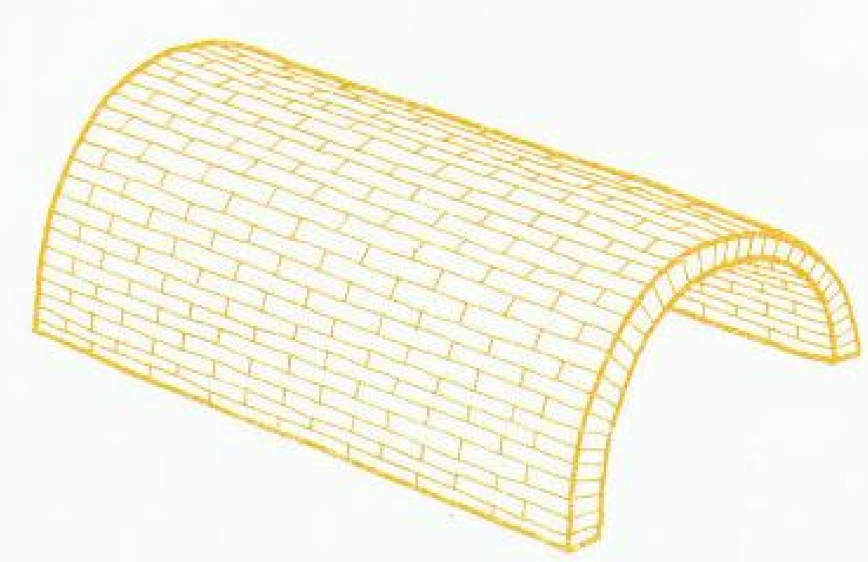


图6-2-6 纵联式筒拱

才逐步改用砖砌筒拱承重，如元大都和义门瓮城门洞。砖砌筒拱建筑——无梁殿在明代兴起，如明初的南京灵谷寺无梁殿、北京的皇史宬、苏州开元寺无梁殿以及山西等地的无梁殿，以后筒拱结构亦在居住建筑上用于砖砌窑洞。

既然我国在汉代已掌握起拱技术，那么为什么那时的城门洞不使用筒拱而迟至南宋才开始运用呢？这首先是攻城火器的发展从而对原有的城门洞顶盖结构产生威胁所致。其次是起拱的施工技术之改进，要在高大的城门洞上起拱无支模施工是不可想象的。

在南宋以前，城门洞的梁柱承重方式并未引起防御上的很大问题。但自南宋末到元代火药在军事上的运用日益频繁，攻城火器的进一步运用，使城门洞上的木架结构成为防御上的薄弱部位，所以改用耐火、坚固的砖材砌筑筒拱城门洞。另一方面我们从元大都和义门上防火攻城门的灭火设备的设置上，也能印证当时城门洞由木架结构改变为砖砌筒拱结构的上述原因。

元大都和义门瓮城门洞为砖砌筒拱，拱跨4.62米，纵联拱，用券四层，未见用伏。

拱券上用伏和券伏相间之制是什么时候形成的呢？在拱券出现时是有券无伏的，但到了东汉时券上已有伏，如河南中牟西关的汉墓墓门的拱券结构是二券二伏的（图6－2－7），以后到两晋时期在拱券上也有用伏的情况，如南京象山五号墓是三券一伏。此外，宋《营造法式》券三，卷輂水窗条曾载有"用斧刃石斗卷合，又于斧刃石上用缴背一重"之句，此即在石拱券之上用伏一道。这说明在宋代有在卷上施伏的做法，但在明代之前尚未形成券伏相间的定制，只是到了明代才在拱券上普遍使用券伏相间的构造方式，如南京明孝陵明楼拱门是三券三伏，南京灵谷寺明代无梁殿也是三卷三伏，北京正阳门是五券五伏。这种券伏相间的构造方式对加强拱券的整体性是起一定作用的。因此券伏相间的做法是拱券结构的进步方式。

砖砌筒拱结构在地面建筑上的运用，从而在我国古代建筑史上出现了一种新的建筑类型——无梁殿。无梁殿的特点是：建筑全部用砖砌成，顶部用筒拱结构，筒拱的跨度大，拱的弧度规整，多用纵联拱砌法，无梁殿以砖砌墙身承重，壁体厚重。例如南京灵谷寺无梁殿，筒拱主跨达11米多（图6－2－8）。

为什么会出现无梁殿建筑？无梁殿建筑产生

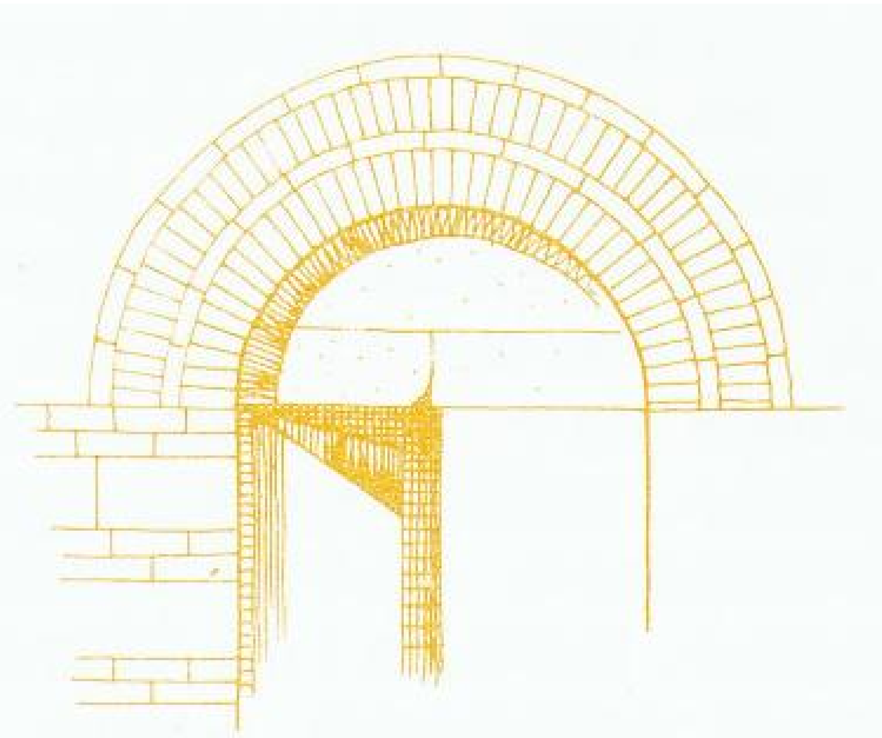


图6-2-7 河南中牟西关汉墓拱券

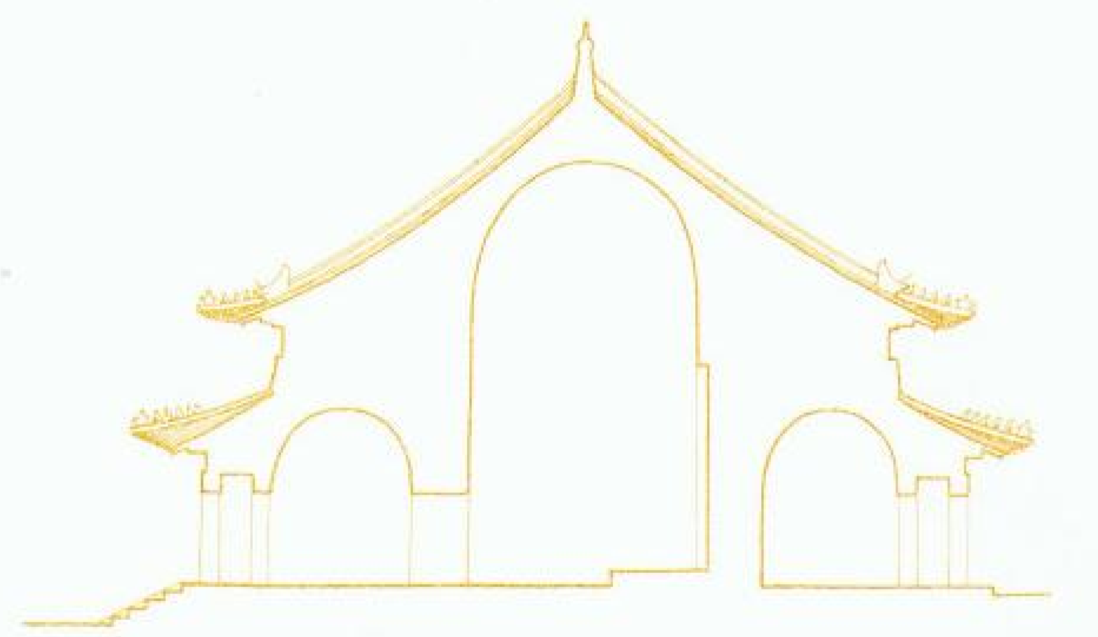


图6-2-8 南京灵谷寺无梁殿剖面示意图

后，砖砌筒拱结构发展过程中的一些问题如何理解？如以前筒拱的拱跨都较小，为什么到明代就一跃而能建筑10米以上的筒拱？筒拱产生后经过一个阶段发展，接着拱壳、四边起坡顶等相继出现，从而筒拱结构退居次位，而至明代筒拱结构为什么又兴起？

无梁殿出现的主要原因，应是对建筑的"长久"的要求。与木构建筑比较，砖砌无梁殿在满足上述要求方面，有十分明显的优越性。如南京灵谷寺、苏州开元寺等建筑组群，木构建筑尽毁，而仅无梁殿独存。此外，明代建无梁殿来存放皇室的档案文件及佛教经书之用，也说明是力图发挥无梁殿防火、坚固、耐久的特点。如北京的皇史宬就是存放皇室档案的无梁殿建筑；苏州开元寺无梁殿是藏经书的，其前身为木构建筑，被火焚毁后才改建为砖砌无梁殿，上述要求只有在具备一定的物质技术条件下才能实现，而明代则已具备建造无梁殿的物质条件，这些条件是：

（1）支模技术在砖结构上的运用，使筒拱拱跨由原来的3米左右而一跃达11米以上，这才能使无梁殿建筑有一定的体量与内部空间，从而使砖建筑在一组建筑中能与其它木构建筑的体量相协调。

（2）制砖技术进一步发展，砖的产量增大，已不是十分昂贵的建筑材料，这可以从明代一般民居中普遍地使用砖的情况得到证明。

3.石灰灰浆在砖结构上的普遍应用，加强了筒拱结构的整体性与受力的均匀性，这对拱跨的增大，及筒拱结构强度的提高都有很大作用。

砖砌顶盖结构到明代又采取汉代在墓葬里盛行过的筒拱结构形式。但是，把早期筒拱结构与晚期的筒拱结构作一比较，就能清楚地看出它们之间的区别：早期筒拱拱跨小，一般无灰浆，以并列券砌法为多，拱的弧度不甚规整，整体性较差，筒拱易溃塌，而晚期无梁殿筒拱结构跨度大，用石灰灰浆砌筑，多为纵联拱砌法，整体性较强，弧度规整，牢固度较大。筒拱结构形式自汉以来只用于墓葬、下水道，或砖塔的某些部位上。而至元、明已能用于城门洞及无梁殿等跨度较大的地面建筑上，这些都说明是筒拱结构的进步，是砖结构技术的发展。砖顶结构发展到明代为什么采取筒拱结构形式，而不朝其它砖结构形式发展？这可能与砖结构的支模及施工有关。因为筒拱的模板为单向曲线，远较拱壳、穹窿顶的双向曲线模板简单，施工也方便。

无梁殿建筑，对筒拱所产生的水平推力的处理，在明初是用厚重的砖墙来抗衡，如明初南京灵谷寺无梁殿（图6－2－9）和灵谷寺无梁殿内景。而至明万历时则用类似扶壁柱的办法来防止水平推力，如明万历时所建的山西永祚寺无梁殿（图6－2－10），苏州开元寺无梁殿等，都用此种处理办法。这种由厚重的纵墙改变为用扶壁柱式的横墙来对付筒拱的水平推力，是处理水平推力问题上的进步。这种处理办法，不但符合力学原理，节约用砖量，同时增加了门窗的面积，有利于室内采光。

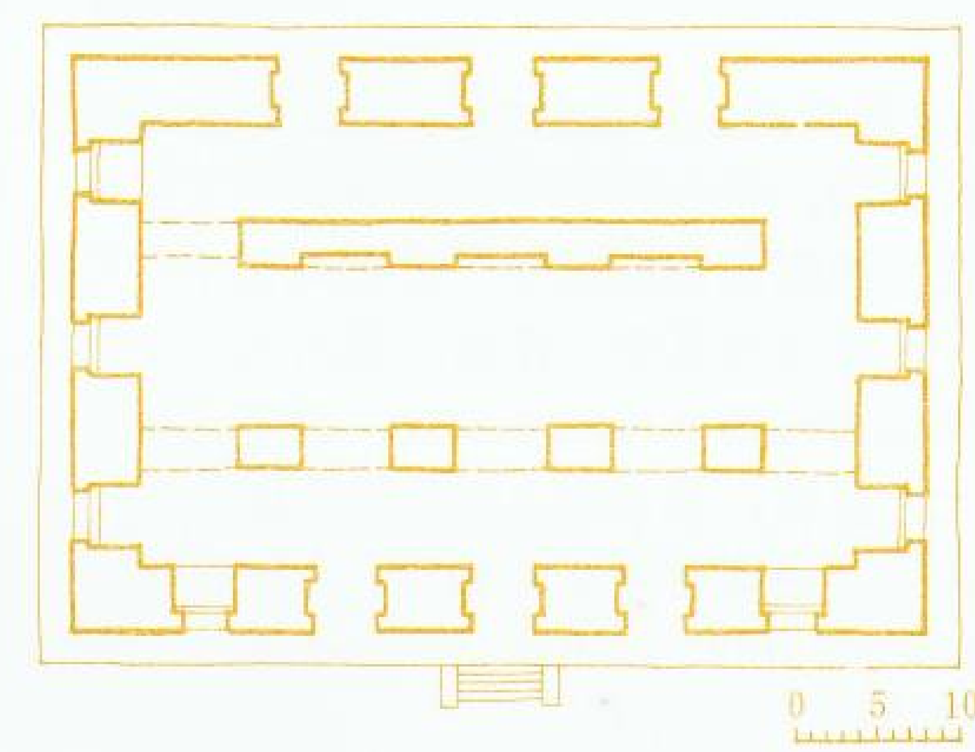


图6-2-9 （1）南京灵谷寺无梁殿平面图

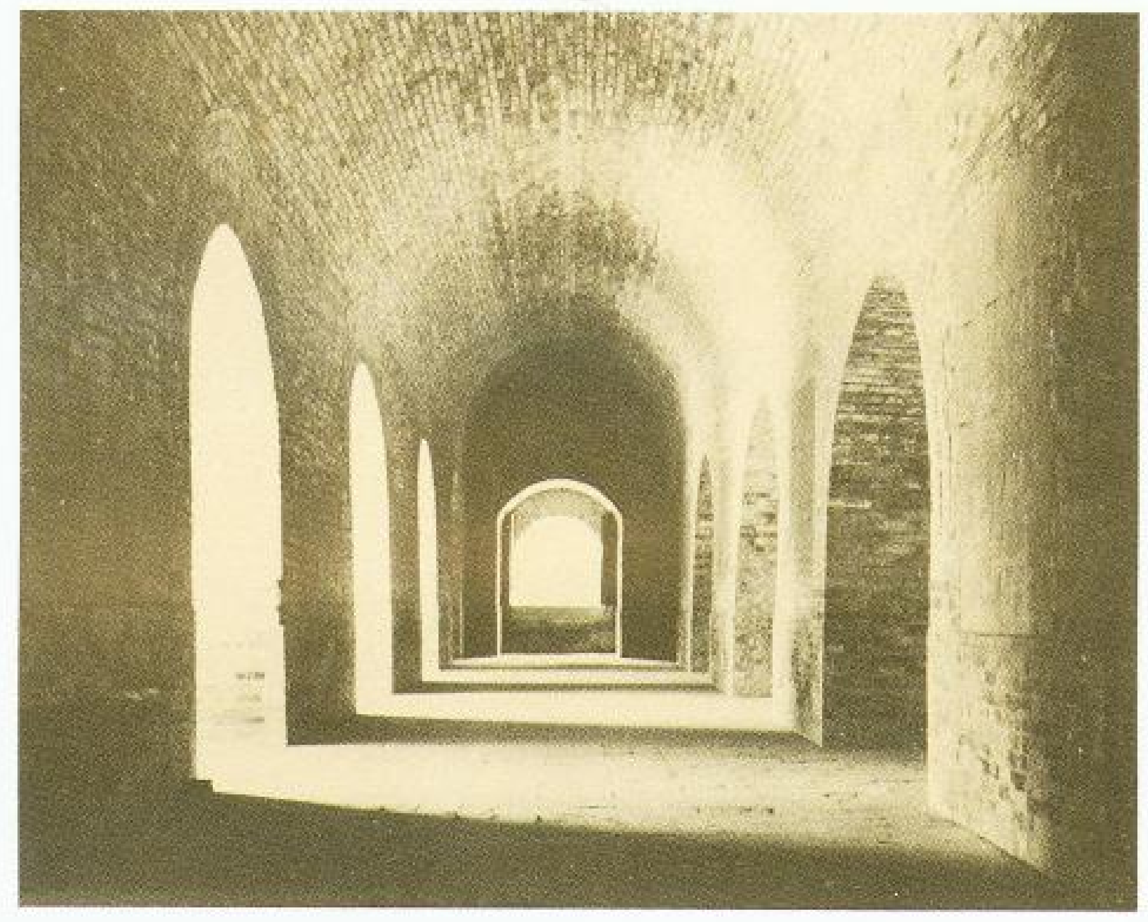


图6-2-9 （2）南京灵谷寺无梁殿内景

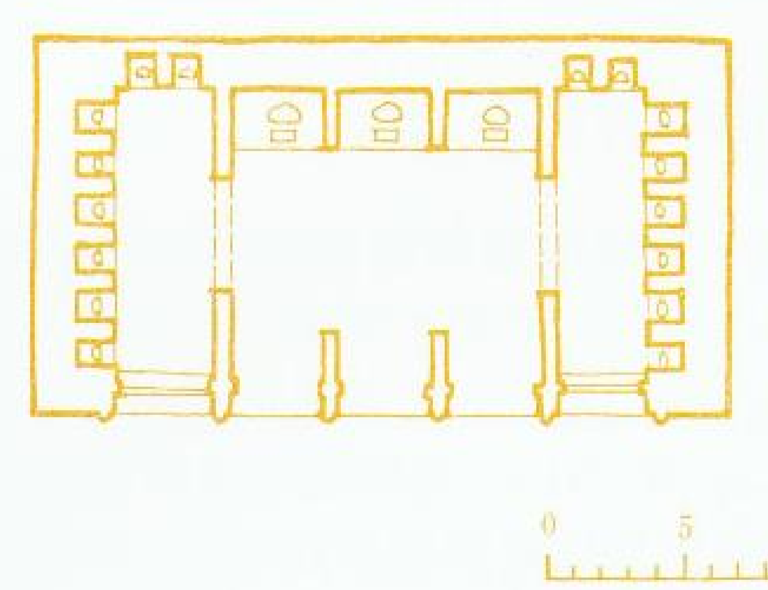


图6-2-10 太原永祚寺正殿平面图

关于筒拱曲线问题，其初期曲线弧度较平缓，例如洛阳西汉壁画墓耳室拱跨1.08米、矢高0.25米，其矢高与拱跨比为$\frac{0.25}{1.08}=0.23$。洛阳烧沟汉墓的初期筒拱墓中，墓403的拱跨为1.16米、矢高为0.92米，高跨比为0.405；墓82拱跨为1.94米、矢高为0.92米，高跨比为0.474。半圆拱的高跨应为$\frac{R}{2R}=0.5$。可见初期筒拱都在半圆以下高跨比逐渐增加的趋向，可能是因为初期筒拱的高跨比小，产生的水平推力大，故稍

后筒拱的曲率就采用半圆拱。半圆拱为以后砖砌筒拱结构长期运用的基本形式，一直到明初所砌南京城的城门洞、孝陵明楼拱门、灵谷寺无梁殿等仍为半圆拱。而明迁都北京后所砌筒拱，矢高大于拱跨的为多，也就是说这时筒拱已不是半圆的“单心拱”，而是高跨比已大于 0.5 的“三心拱”了。自明代开始筒拱结构就被广泛运用于宫式砖建筑上，诸如北京故宫、天坛、十三陵和各地的城门洞等。由于宫式砖作工程中筒拱运用得较多，为了便于施工、估料，统一拱曲线的做法，在总结明代筒拱曲线的基础上，定出了拱券计算方法。

《营造算例》中“发券做法”规定：“凡平水墙，以券口面阔，并中高定高。如面阔一丈五尺，中高二丈，将面阔丈尺折半，得七尺五寸，又加十分之一，得七寸五分，并之，得八尺二寸五分，将中高二丈内除八尺二寸五分，得平水墙高一丈一尺七寸五分，平水墙上系发券分位”。

今将上述规定列算式如下：

矢高 $= \frac{拱跨}{2} + \frac{拱跨}{20} = \frac{11}{20}$

拱跨 = 0.55 拱跨

已知：拱跨（券口面阔）＝1.5 丈

中高 = 2 丈

矢高 = 0.55 拱跨 = 0.55 × 1.5 丈 = 0.825 丈

发券分位线高：中高 − 矢高 = 2 丈 − 0.825 丈 = 1.175 丈

由上列算式知高跨比为 0.55，大于高跨比为 0.5 的半圆拱，其矢高的增高量为 $\frac{拱跨}{20}$ = 0.05拱跨。

从“发券做法”的规定中，可以看出筒拱的拱跨与高度是设计提出的要求，因此是已知的。目的是根据已知的条件求出平水墙高，即发券分位线所在，这样在筒拱施工时便于工匠掌握砌筑墙身至某一高度就要开始发券，以及对发券的高度要求等。

三　砖拱壳结构技术的产生与发展

(一)拱壳结构的产生

砖拱壳结构出现于公元前一世纪的西汉末期。它的产生是平面成十字交叉的筒拱顶相互穿插的结果。洛阳烧沟 632 号墓是砖拱壳顶的较早例子（图 6－2－11），其拱壳是甬道筒拱顶与两旁的耳室筒拱顶相互穿插形成的。拱壳的特点是：其拱脚落在四个拱券上或墙上，因此在受力上为四边支承结构；在结构上采用方圈式是因为两个并列拱十字交叉、相互贯穿而形成的一种构造方式。即由拱脚的四边随着拱的弧度，以平面为方圈的砌法，逐圈向中心收砌成顶（图 6－2－12）。所以拱壳结构的出现是砖拱结构的重大发展，使砖拱由原筒拱的单向结构发展成双向结构。

(二)拱壳结构的运用与发展

拱壳结构的特点使它适合于在方形平面上运

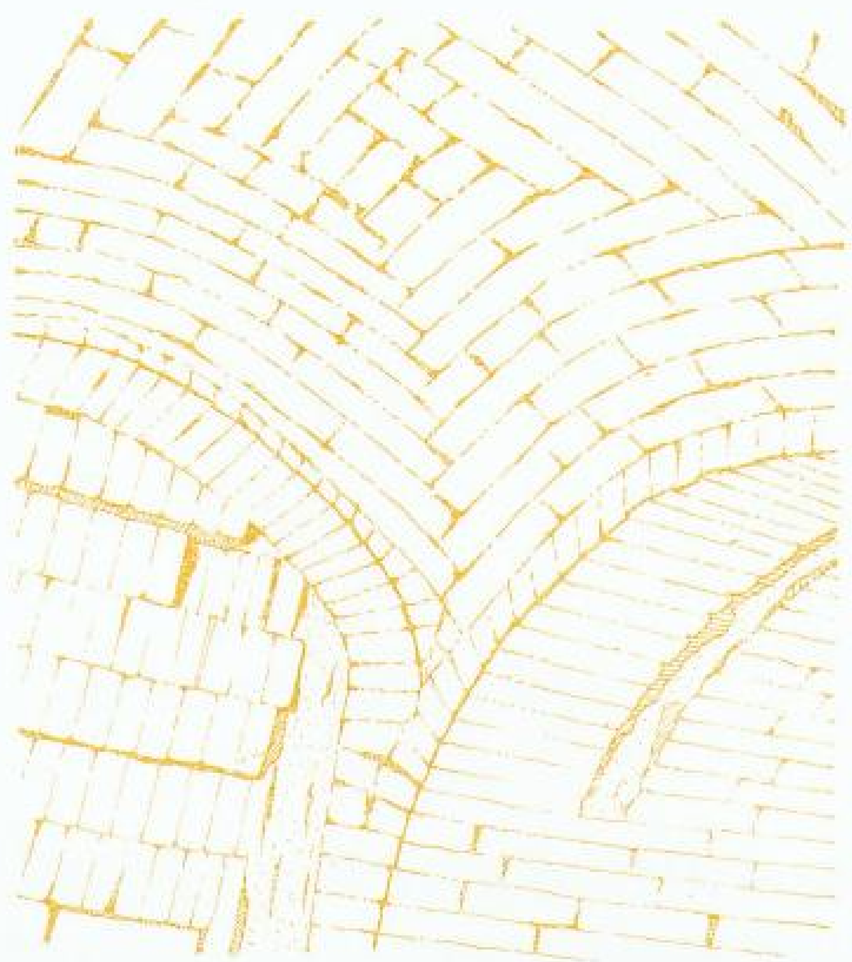


图6-2-11　洛阳烧沟 623 号汉墓拱壳顶

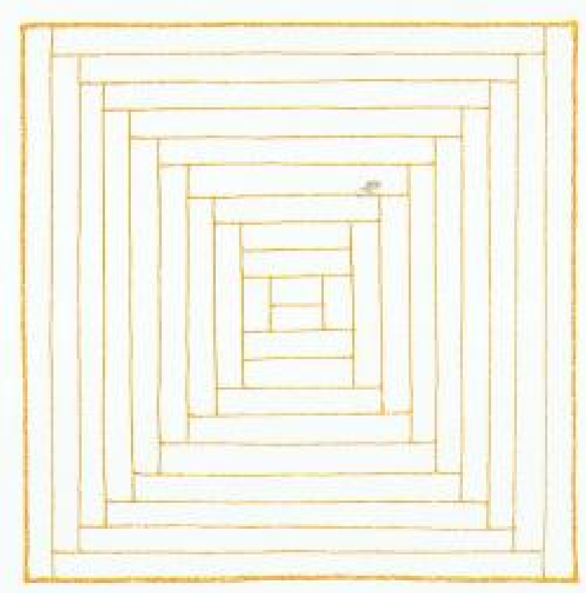


图6-2-12　拱壳顶仰视

用，拱壳的矢高开始时较小，以后逐步增大，这一点与筒拱矢高的变化相同。拱壳矢高逐步增高的趋向，可能是逐渐了解矢高增加可以减少拱脚处水平推力，创造一种方便的拱壳施工方法，以及墓室内空间要求增高等几方面原因的结果。拱壳越扁即矢高越小，则无支模施工就越困难，而拱所产生的水平推力也越大，反之，拱壳矢高越大其砖缝与地面所成角度就越小（图 6－2－13），砌筑就较方便。因此，在无支模情况下，为了便于拱壳顶的施工，砖缝与水平面的夹角就逐步缩小，从而拱壳顶的矢高就逐步增大。根据一些拱壳顶的资料，可以看出拱壳顶无支模的衬砌方式：即自发券分位线开始，由下往上层层内

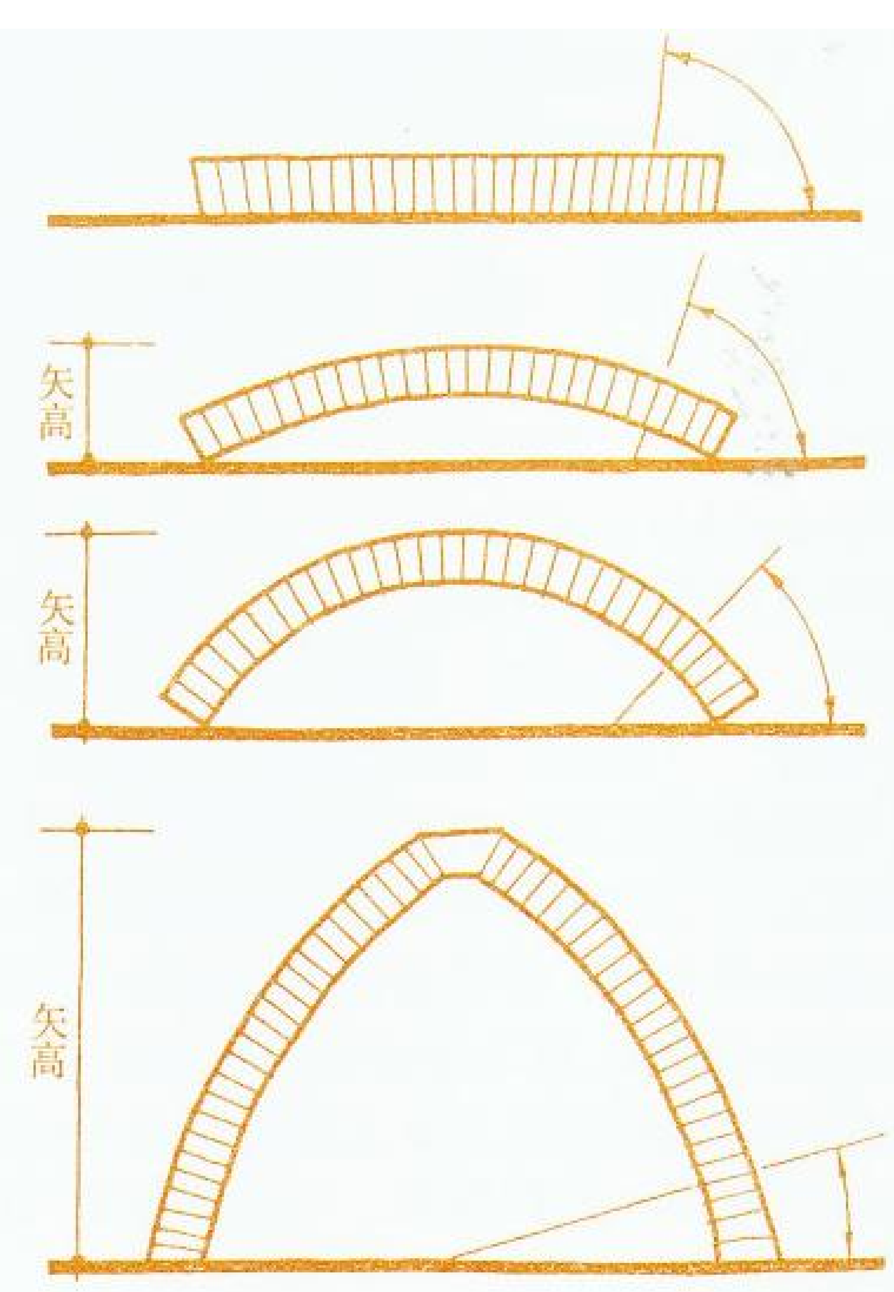


图6-2-13　拱的矢高变化与砖缝倾斜度的改变



图6-2-14　拱壳顶方弧形圜砌图

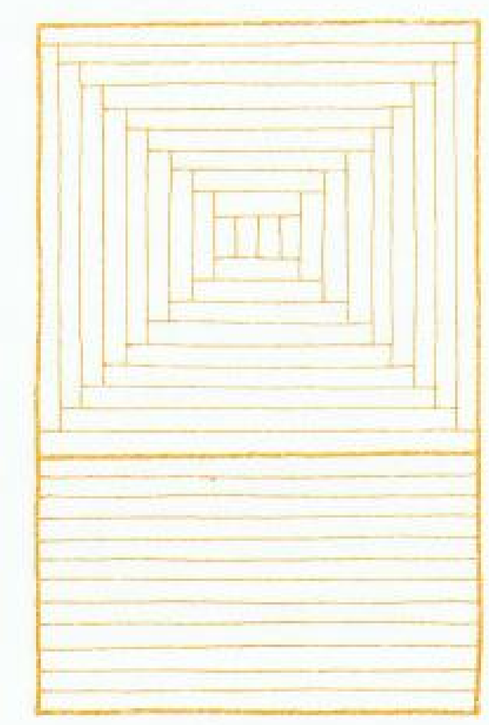


图6-2-15　由方形拱壳与并列拱组成的长方形拱壳顶

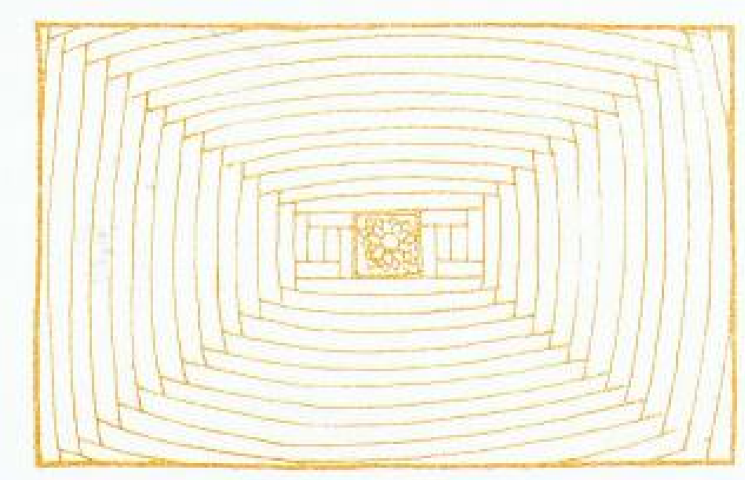


图6-2-16　“盝顶式”长方形拱壳顶

倾、斜砌，使每层形成一个方弧形的环（图 6－2－14）。这样一圈圈逐步收小，直砌至方形平面的中心而形成一个矢高较大的穹窿顶，随着拱壳矢高的增大，拱壳对角线上的脊就明显起来。东汉时，矢高较大，四边起坡的穹窿顶较为盛行。

拱壳顶早期是运用于方形平面上，稍后在长方形平面上被采用。开始在长方形平面上使用拱壳顶，是以方形拱壳再加一段并列拱的办法来组成长方形顶的（图 6－2－15），如洛阳烧沟 1029 号汉墓后室顶部的组成。以后拱壳顶的中心就移到长方形平面的中心，即东汉的墓顶上常见的所谓盝顶结构（图 6－2－16）。

拱壳顶出现后，就产生拱壳与筒拱、拱壳与拱壳的交接处理问题，一般是以拱券来承托相邻二拱的拱脚的办法来解决，在施工时做出几个曲面相交的曲线是需要较高技术的。至东汉中期以后，墓室平面的前堂后室部分已不如早期那样分而不隔，前后贯通，而是前堂与后室分开，中间以一甬道相通（图 6－2－17），甬道用筒拱顶，其空间较矮小，故前后二室的拱壳顶的拱脚除一部分落在筒拱顶上外，其余部分则落在甬道门洞两旁的壁体上。这样就避免了几个曲面相交的问题，而相邻二拱壳就彼此脱离，各自独立，使拱壳的施工简单化（图 6－2－18）。

三国时期拱壳顶的砌法出现了一种新的方式。这种拱的构造方式，我们推知其施工步骤及方法是：在墙顶的四角先以条砖作斜卧抹角垫砌，再在其上砌一层斜卧抹角弧拱，这样一层层作斜卧弧拱，每上一层其弧拱拱跨都较下一层加大，直至弧拱的拱脚落在墙身的中线与邻近的弧拱拱脚相碰，至此墙的四角已形成四个三角形帆拱（图 6－2－19），其拱脚都落在墙上。然后继续往上砌拱，每上一层，其拱跨就较下一层的砖拱缩短些，其拱脚则交替落在相邻拱的拱脚上，如此层层往上向中央聚合成顶（图 6－2－20）。此种砌法的拱壳顶在两晋时期较为盛行。其外形特点为十字形接缝（图 6－2－21），而汉代的拱壳顶则是对角线接缝（图 6－2－22）。上述十字形接缝拱壳结构的起拱方法，乃是砖拱结构技术发展进程中，无支模施工方法上的创新。

银川清代鼓楼砖十字门洞，十字交叉处，先用石料做拱肋，然后砌砖券，结顶处用石垂莲柱，是又一种结构处理（图 6－2－23）。

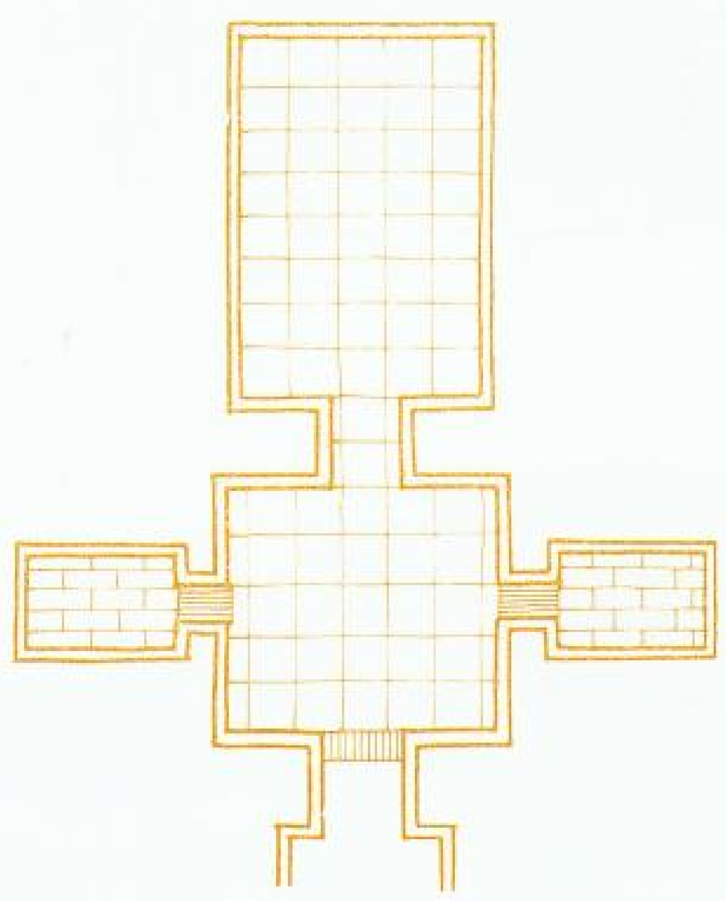


图6-2-17　嘉峪关汉画象砖墓平面图

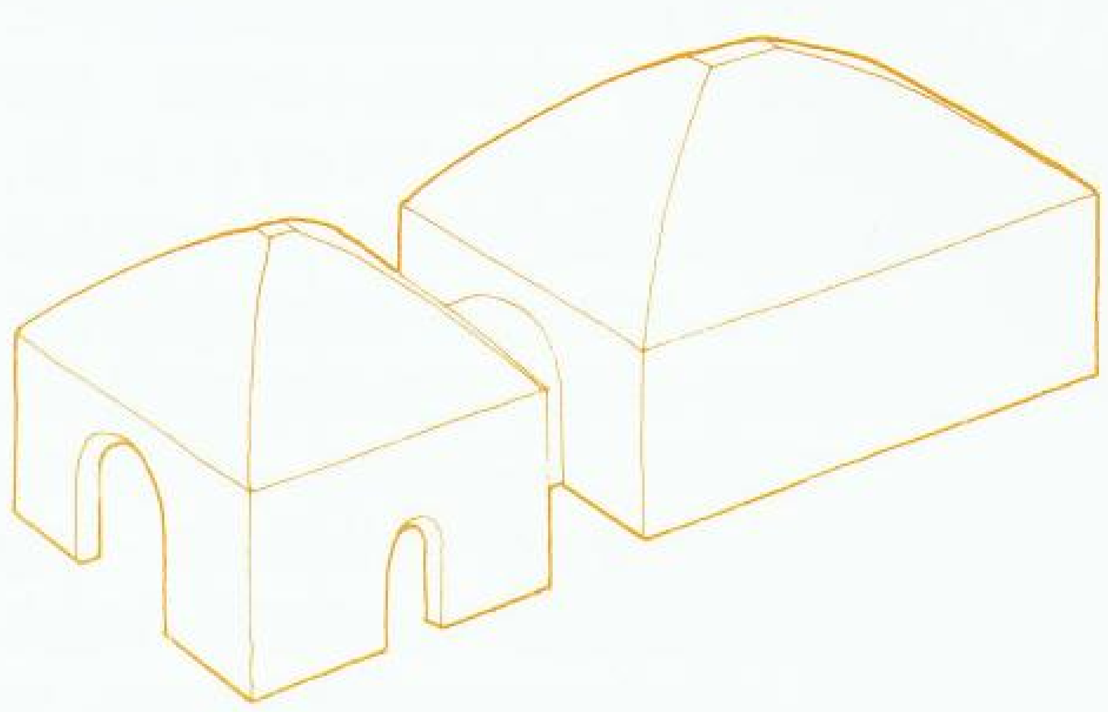


图6-2-18　前后室拱壳顶相互脱离示意图



图6-2-19　十字形接缝拱壳顶——先以抹角砌成四个三角形帆拱

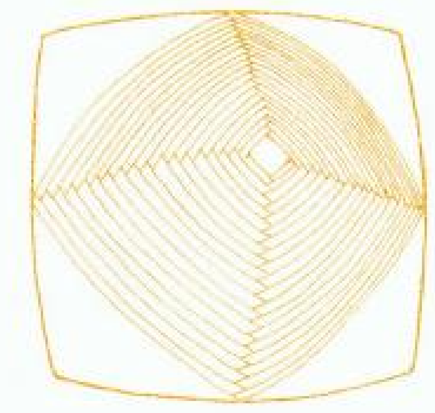


图6-2-20　十字形接缝拱壳顶——再以方弧形圈砌向上聚合成顶



图6-2-21　十字形接缝拱壳顶

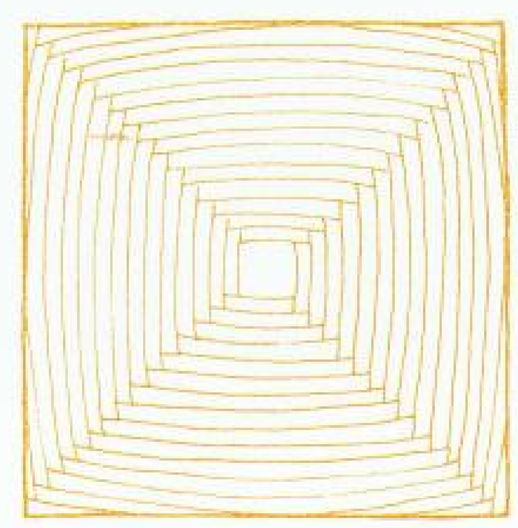


图6-2-22　对角线接缝拱壳顶

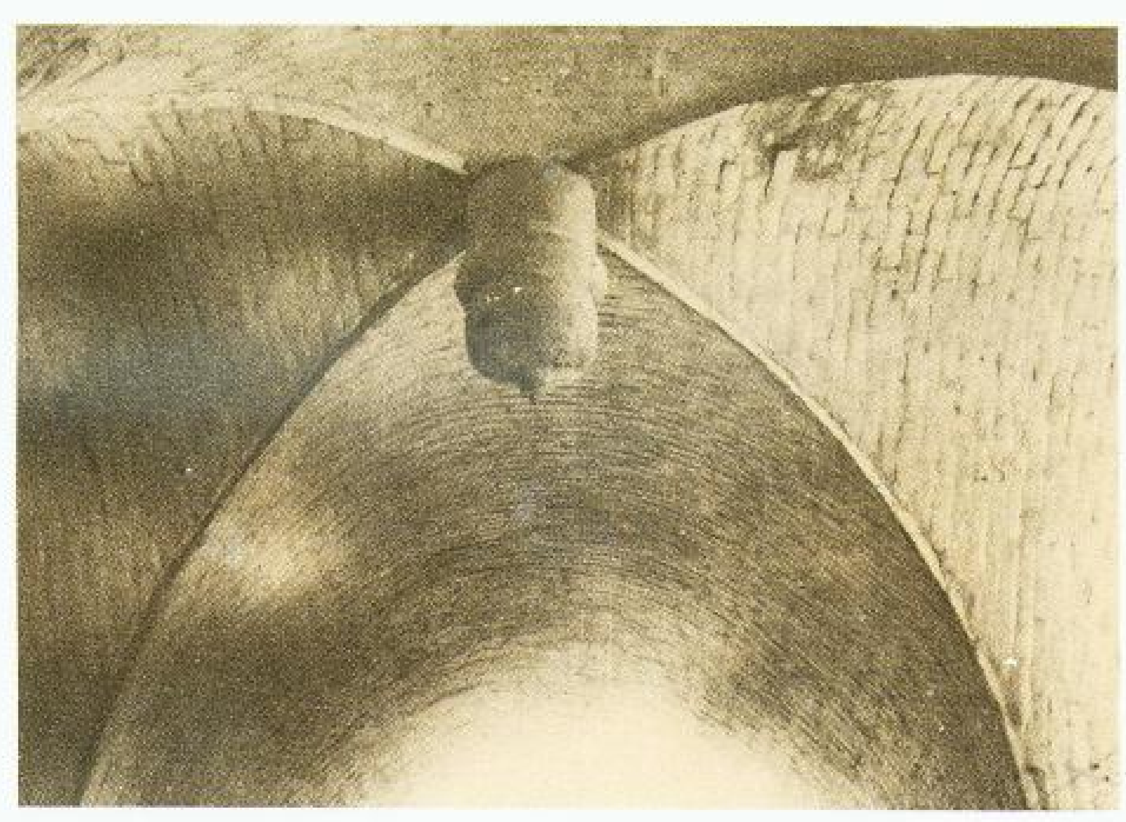


图6-2-23　银川市鼓楼砖砌拱顶及垂莲石

四　砖砌叠涩结构技术的产生与发展

叠涩顶结构始见于东汉，它是在拱壳顶发展过程中从拱壳顶矢高增大后的砌筑方式中变异而产生的。故叠涩顶的轮廓线仍与拱壳顶相似，但构造方式不同。叠涩结构的砖缝是水平的，以砖层层出跳的方式成顶（图 6－2－24），拱壳结构的砖缝是与水平面成角的，即砖为层层斜砌向中央收拢而成顶（图 6－2－25），由于构造方式不同而形成二种砖结构，在受力上拱壳顶是一种拱结构，故砖块是受压的，而叠涩顶的砖块不但受压还要受剪，从结构受力上比较，叠涩顶不如穹窿顶，但在施工上叠涩顶的砌筑较拱壳方便而砖的规格也较少。早期的叠涩顶实例，有河南襄城茨沟汉墓的中后室墓顶，广州东汉墓（编号5041）墓顶以及内蒙古和林格尔东汉壁画墓，其特点是：叠涩顶的高跨比都很大。襄城茨沟汉墓建于公元二世纪三十年代，是一座多室墓，除了中后室墓顶用叠涩结构外，其它如左右前室，左后室等墓顶乃用拱壳结构，该墓叠涩顶是以斜头砖作叠涩砌，其所以做成斜头，估计是要摹仿拱壳顶的外观。这些情况说明此墓的叠涩顶应是叠涩结构的初期形式，但斜头砖加工较麻烦，故以后都以普通条砖作叠涩砖。例如建于公元二世纪六十年代的和林格尔东汉壁画墓叠涩顶（图 6－2－26）。

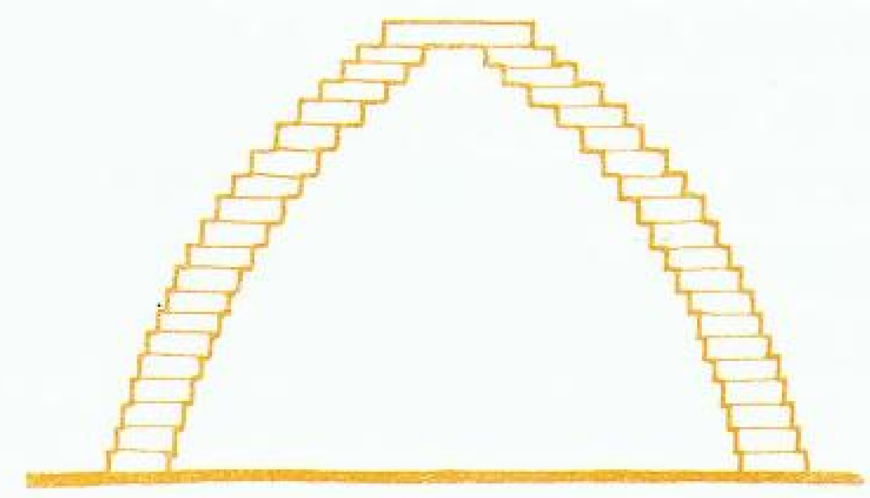


图 6-2-24　（ 1 ）叠 涩 顶 剖 面 示 意



图 6-2-24　（ 2 ）广 州 汉 墓 出 土 墓 50 41 顶 部 结 构 仰视（东汉后期）

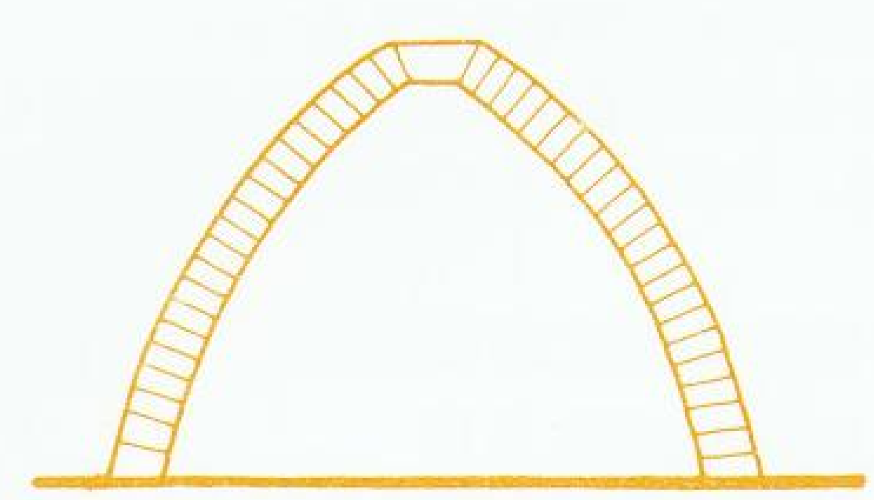


图6-2-25　拱壳顶剖面示意

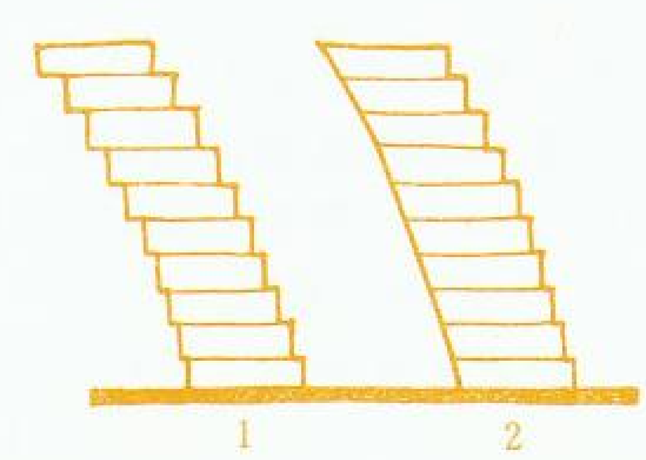


图6-2-26　叠涩顶的二种外观形式

（ 1 ）斜头砖砌叠涩；（ 2 ）普通条砖砌叠涩

叠涩结构在东汉产生后并没有获得推广，砖墓墓顶仍以拱壳结构为主，直至唐代才常见叠涩结构方式。以后宋、辽、金的穹窿顶用叠涩结构就较多，随着墓室平面向多角形及圆形变化，叠涩圆穹窿顶就被较多运用。这并非是说圆穹窿顶是在出现圆形平面时才产生的，穹窿顶早在方形平面时期已出现，这就产生方形墙体如何向圆形顶部过渡的问题。例如河南襄城茨沟汉墓的中、后室平面为方形，而顶部是圆穹窿顶。其过渡方式是：在墙的四角从砖第十七层开始，用叠涩方法往上逐层出跳，砌成一弧形三角体，作为直角形墙与圆形拱壳顶的过渡部分。这种解决直角形墙与圆穹顶之间的处理方法，至元代在砖建筑上仍被采用。如杭州凤凰寺无梁殿（图 6－2－27），殿面阔三间，每间的顶部各用一圆穹窿顶，明间上的穹窿顶较大，直径达 8.1 米，其方形平面与圆顶之间的过渡处理，仍用河南襄城茨沟汉墓的方式；即以叠涩砌三角体作为方形墙角与圆形拱脚过渡。此外，砖砌叠涩结构方式在汉代以后还在砖塔塔顶、塔檐、门窗等处被普遍运用。

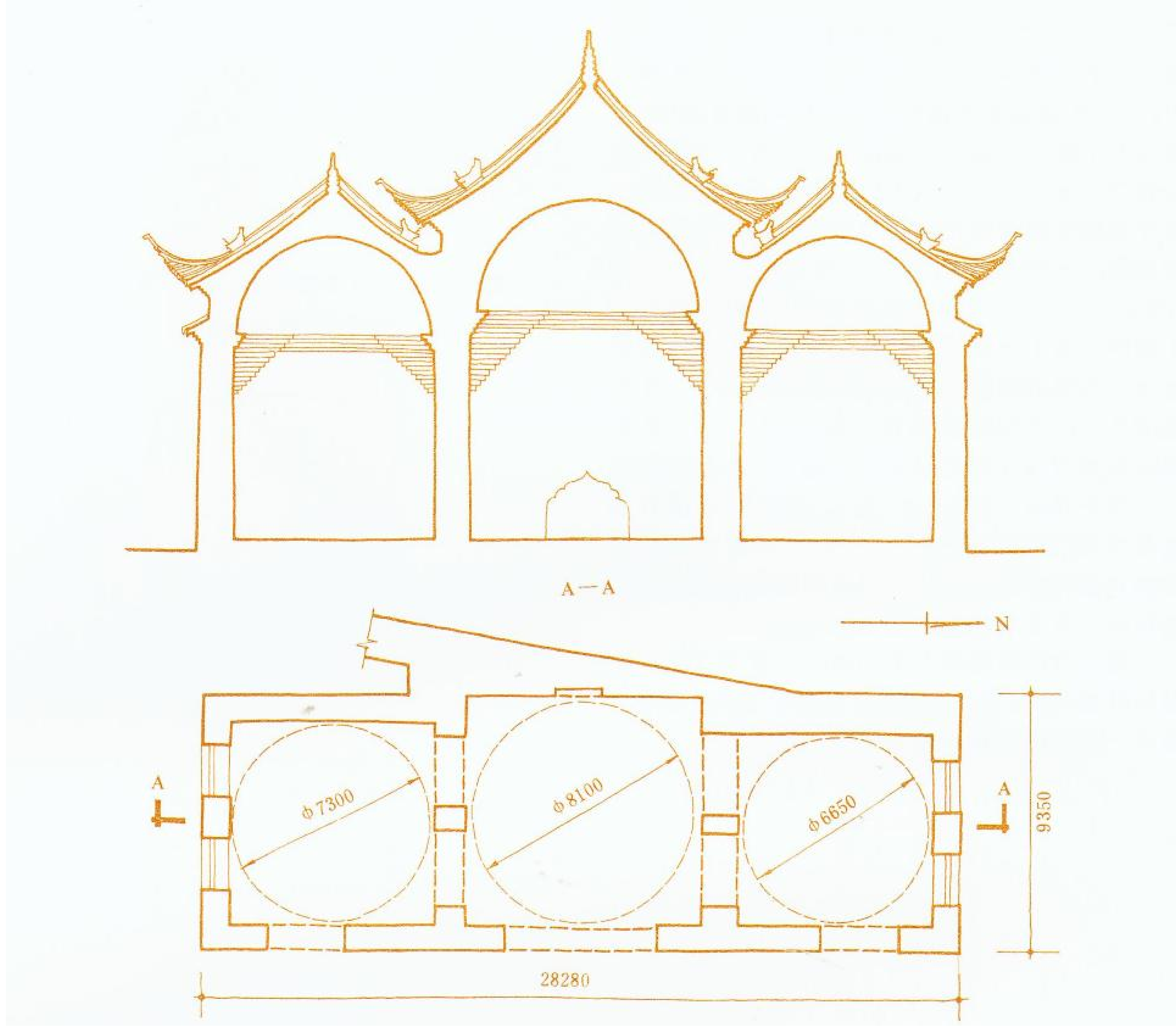


图6-2-27 杭州凤凰寺无梁殿平面、剖面示意图（单位：毫米）

第三节 砖铺地和砖贴面

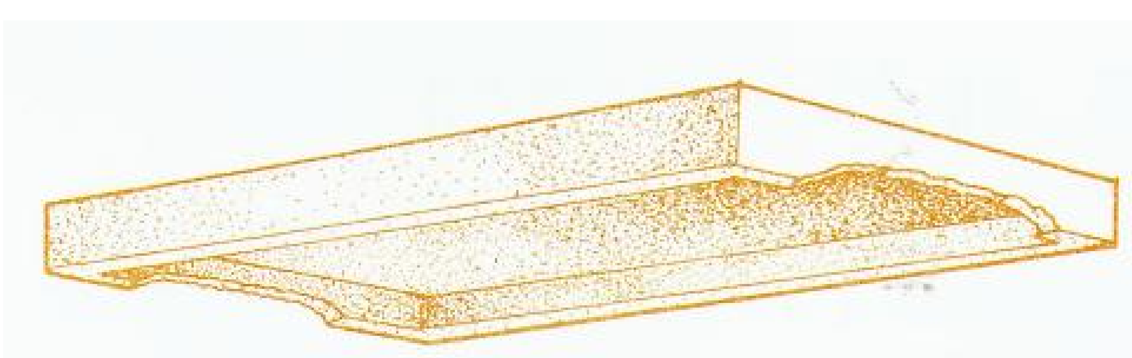
一 砖铺地工程

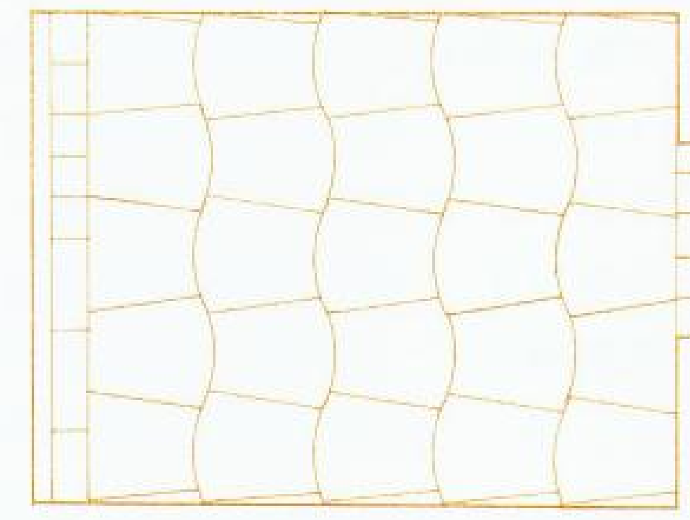
我国古代建筑上用砖，最早是出现在铺地工程上。砖铺地面的出现，很可能是受到红烧土地面的启发。经火烧烤后的泥土，变得比较坚硬。在铺地砖出现以前，红烧土地面是一种较普遍的人工地面。在河南新郑仓城战国遗址中，发现一种近似铺砖地面的红烧土地面。它是先将泥土平铺以后，在平铺泥地上划一些不太整齐的方格，再焙烧而成的。这种划了格的红烧土地面，虽然避免了整体红烧土地面产生不规划裂缝之弊，但对于古代木构建筑的施工是很不方便的，它必须先做好了地坪才能盖房子。又由于红烧土的火候较低，耐磨程度不及高温焙烧的砖。用分块的砖铺地，施工方便，也适应我国古代早期人们席地而坐习俗的要求。

《考工记》中，有“堂涂十有二分”的记载。据东汉末郑玄对这句话的解释是“若今令甓裓也”。“裓”指堂前的道路，“令甓裓”者，就是用砖铺成的道路。说明在《考工记》之前已有砖铺地是无疑的。

(一)铺地砖形式的变化与铺砌技术的发展

目前发展得最早的铺地砖属西周晚期。今陕西扶风县齐家区黄堆公社出土的西周铺地砖，约 50 厘米见方1)，底面四角各有半个乒乓球大的乳突一个。河南新郑郑韩故城的遗址中，也发现过构造原理相似，形式不同的铺地砖2)（图 6－3－1）。这类砖底面有四个边棱，约 34×39 厘米，35×47 厘米；表面有米字纹、绳纹、回纹几种。那时铺地砖与基层的结合，是靠砖本身的形状来解决。把底面做成乳突或凸棱，就象扒钉一样嵌紧于泥土底层。用这种砖铺地，由于垫层泥的干缩，铺地砖容易翘起，这样，整个地面很难保证平整。在秦咸阳宫遗址中，还发掘出一种截面为锯齿形的平行线纹砖，这种砖的两长边，有素面子母榫相接，砖大 50×33×5 厘米，边宽 1.7 厘米，厚 2.5 厘米[27]。这种带子母榫的铺地砖，则进一步解决了地面平整的问题。两长边的子母榫，在更大的面积上一块扣住一块，这种地面的整体性，比单块的带乳突或带边框的铺地砖要好。显然，这些异形砖的制造都比较复杂，特别是砖坯再经高温焙烧后，砖的变形很难避免。铺地砖的外轮廓不规整，就会直接影响到铺地的质量。所以这些异形铺地砖并未得到发展。


图6-3-1 河南新郑出土战国铺地砖


图6-3-2 望都一号汉墓地面

在秦汉以后用方砖和条砖铺地，逐渐普遍起来。异形铺地砖虽被淘汰，但早期的铺地方砖、条砖，在外形上仍有些特点。如临潼县秦俑坑长廊内的铺地砖、条砖的两端横断面略呈楔形，二砖端相连，互相咬结，使砖铺地十分牢固。在望都一号汉墓中，用扇形砖铺地[28]（图 6－3－2），也同样具有使砖互相咬结的道理。铺地砖的外轮廓线虽逐渐简化，早期往往还常在砖的背面留有绳纹、文字或整个手印纹，这在构造上的意义是使砖的毛面与基层结合得更紧密些。广州秦汉造船工场遗址出土的铺地砖（70×70×12－15 厘米）[29] 其四侧及底部都有许多小圆洞。可能是由于砖型厚大，有 3 小圆洞更便于烧透之故；而它在构造上也有使铺地砖与基层紧密结合的作用。随着砖作斫磨技术的发展以及石灰作为建筑的胶结料以后，铺地砖的形式就更趋简洁，因此，施工简化而工程质量也有很大提高。

汉代已出现了磨砖技术。从考古发掘一些汉代墓葬的铺地砖来看，对缝都非常严密。如望都的一号汉墓，用扇形砖铺地，一正一反，弧线相接严密，可见砖经过磨制是无疑的。到唐代铺砌技术更有发展。唐大明宫出土的铺地砖，其制作均上大（表面）下小（背面）。又从麟德殿被火烧后的地面痕迹看，砖嵌缝的断面呈三角形，而铺砖地面的表面，几乎可以不见缝。地面砖是靠

1）陕西博物馆藏品。
2）新郑郑韩工程考古队藏品。

挤入缝隙中的泥土与基层紧密结合。砖断面的这种变化其意义在于：把砖的一面与基层结合扩大到五个面与基层结合。不仅如此，而且砖与砖之间有了共同的胶结层，把分块的铺地砖结成了一个整体，表面还不见灰缝。这种砖铺地面坚实平整，不易渗水。它的做法宋《营造法式》卷十五载："铺砌殿堂等地面塼之制，用方塼，先以两塼面相合，磨令平，次斫四边，以曲尺较令方正，其四侧斫令下棱收入一分"。也就是说，室内铺地用方砖，在铺砌之前要先磨砖面，使其表面平整，磨砖的方法是两砖对磨。然后砍磨四边，用曲尺（角尺）校正，使各边互成直角。斫四侧的目的，是留有缝隙，使胶结物能挤进砖缝而表面不露缝。从铺地砖本身型式的变化，到铺砌技术的进步来看，是我国古代铺地工程技术上的一个飞跃。这种铺地技术直到明清仍沿用。明清建筑中的铺地，已普遍采用白灰作胶结材料。在一般的铺地工程中，胶结料用粗灰泥（1：3白灰、泥土）；宫廷建筑的铺地，也有全用白灰膏，其上灌白浆，保证砖缝中的胶结料饱满。石灰硬结以后比泥土更坚固。

（二）室内铺地的防潮处理

《墨子·辞过》中有"古之民未知为宫时，就陵阜而居，穴而处，下润湿伤民"之说，说明我们的祖先早就认识到潮湿对人的危害。土壤的潮湿，部分由于毛细现象，夯土地面、草泥地面、红烧土地面都在一定程度上起着防潮的作用，原理是切断毛细通道。直到唐代，官府的重要粮仓——含嘉仓[30]，其地面防潮也只是将窖底夯打焙烧以后，铺上一层夹杂红烧土灰烬的混合泥作防潮层。我们的祖先还很早认识到"宫室之法，高足以辟润湿"的道理，房屋一般都是建筑在比较高的夯土台或者是砖的台基上。由于砖本身就比红烧土更密实，再加上铺于高台基上，这对室内防潮更有利。

砖本身仍有一定的吸水性，为克服这一缺点，又创造出用油类物质处理瓦、石、砖的作法。《邺中记》中，载有北齐邺城"屋瓦皆以胡桃油油之"。唐大明宫出土的大形铺地方砖，表面光亮莹润，呈漆黑色，可能即经过这种处理。在《营造法式》中，有用墨炕刷砖瓦基阶以及用黄腊和桐油油碑瓦之制。到明清时，工匠把这种方法称为泼墨（刷墨炕）钻渗（浸刷植物油）。其作法是：将砖铺好以后，用调稀的墨炕刷之，待乾后再刷核桃油或生桐油，也有烫黄腊的。在清朝宫廷建筑中，还有更精致的作法，它是将制好的砖坯，凉干以后，砖的表面层用烟脂调油，抹上约1厘米厚的面层，再焙烧而成。用墨球和油类物质处理砖表面，就象木材刮腻子油漆一样。砖的微小孔隙被墨炕和油填满，破坏了砖的毛细吸水，提高了铺地砖防潮的性能。不过，这种表层易磨损，在经常有人走的部位，须加保护，如用地毡之类。在铺砌过程中，除了用磨砖的方法使对缝十分严密以外，还用桐油和蜃灰调成很柔和的油面，括在砖的四个上棱上，这样既保证了施工时不至碰坏棱角，又能堵塞砖与砖之间的微缝，从而更进一步堵塞了毛细作用的通路。有了高高的台基，严密的砖铺地面，室内防潮就可以得到保证。对于民间建筑而言，不可能有这样高级的地面防潮做法。只能用铺地砖或在铺地砖下垫沙或灰渣滤水而已。

另外一种是统治阶级的陵墓之类的地下建筑，因接近或低于地下水位，他们为保护其尸体和随葬品，也十分重视地下的排水和防潮。一般砖墓中的砖铺地面，都是中间略略凸起，靠四壁处较低，便于散水，以保持中间地面的干燥。有的就在铺地砖下，用砖砌成排水沟。这些地下建筑的防潮层，实际上只能起垫层的作用。无论是用卵石或炕渣、细砂，只是滤水的好材料，可以把四壁渗入的水较快地排掉。也有用地上建筑的方法来铺砌地下建筑的地面，墓底用数层砖砌成，或在每层砖下都铺一层白灰。也有先将墓底铺一层砖，砖上夯一层土，再铺面砖。以上这些方法，对于地下建筑的排水防潮都能起一定的作用。

（三）室内铺地的耐磨与清洁

我国六朝时垂足坐之风开始盛行，至唐代渐绝。此后穿鞋进屋，必然会由室外带进更多的尘土到室内来。为了除尘方便起见，室内铺地也必须平整而光滑。所以室内铺地一般都用素面砖。古代宫室砖铺地面所用的泼墨、钻渗的方法，除了有防潮作用以外，也提高了地面砖的强度及光洁度。铺地砖本身不起尘，是室内地面清洁的先决条件。如北京宫廷建筑内的砖铺地面，距今已五百多年了，仍然明洁似镜。一般民间建筑虽不能使用泼墨、钻渗的方法来提高砖的质量，但也要把砖打磨光平。我国南方民间常用的方法，是先用砖刨粗刨平，然后再用砂磨砖打光，以保证除尘方便。

《营造法式》中总结了殿堂地面的铺砌，应当是"每柱心内方一丈者，令当心高二分，方三丈者，高三分"。也就是考虑到经常被摩擦的房间的中心部位，应比靠柱壁的地位稍高起一些，以免因长期走动磨擦，使房间中央的地面形成凹地。在以后明清的铺地工程中，仍基本承袭此制。

（四）室外的砖铺地面

室外铺地的意义，主要在于解决雨水冲刷、排水、防滑等问题。特别是檐口下的散水、道路等处，都是需要加以重点处理的。

早期的散水是用卵石砌成的。卵石是一种非常坚硬的天然材料，在用砖砌散水之前，用卵石砌筑散水较普遍，只要取材方便，以后也常见用。殷墟就已有卵石散水，岐山西周遗址亦用卵石散水，凤翔先秦宫殿的散水，也是全用大小卵石铺砌的[31]。但由于卵石大小不均，形状不一，又不带棱角，若没有很好的胶结料，是很容易被水冲散的。当砖出现以后，很快就用它与卵石合砌散水，克服了全用卵石砌筑散水的缺点。如秦咸阳宫回廊外的散水铺砌，是将卵石居中，两边平行铺方砖各一排[32]。到汉代以后，更改进为用条砖竖立镶砌散水的两边[33]。竖砖嵌入土中较深，比平铺砖更为坚实牢固（图6－3－3）。随着砖的普遍采用，天然卵石散水就逐渐被淘汰。虽然卵石质地较砖坚硬，但它必须用胶结料组合起来，古代的胶结料，无论是粘土，粗灰泥还是纯白灰都抵不过屋檐"滴水穿石"的力量，胶结料被水冲跑，卵石筑的散水就很容易破坏。用砖铺砌的散水，即使没有胶结料，也不那么容易损坏。如唐长安大明宫重玄门的散水及西夹城内房屋遗址的散水砌法，其整体性、稳定性都很好（图6－3－4）。

道路的铺砌比散水要求更高，因为除了雨水对它的冲击以外，还有车马人行对它的撞击、沉重压力和磨损；因此《营造法式》上总结露道的砌法是"长广量地取宜两边各侧砌双线道，其内平铺砌，或侧砖虹面垒砌，两边各侧砌四砖为线"（图6－3－5）。两边侧砌的砖，较深的埋入地基中，它就象一个箍一样来固定路面砖，使其不易发生位移。一般室外砖铺地，多用侧砖也是这个道理。

室外排水、散水的铺砌应略做排水坡，即"批水"。铺砌的宽度，以屋檐滴水的位置而定，散水中心应在滴水线上。为保证室内的干燥，台阶边沿的铺砌也应向外倾斜，使雨水不至倒流。

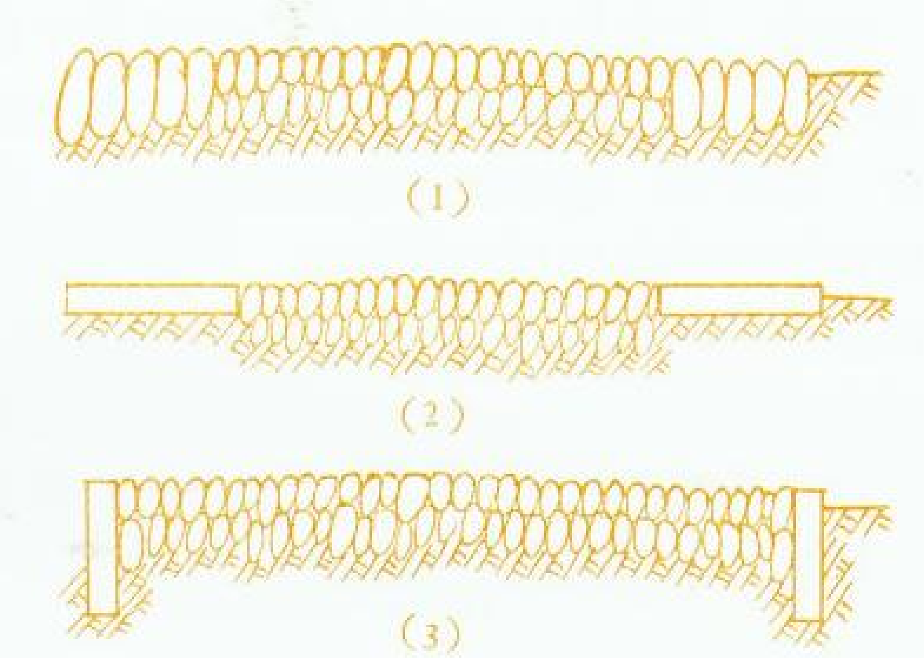


图6-3-3　卵石散水

（1）凤翔先秦宫散水；（2）秦咸阳宫散水；（3）汉建筑遗址散水

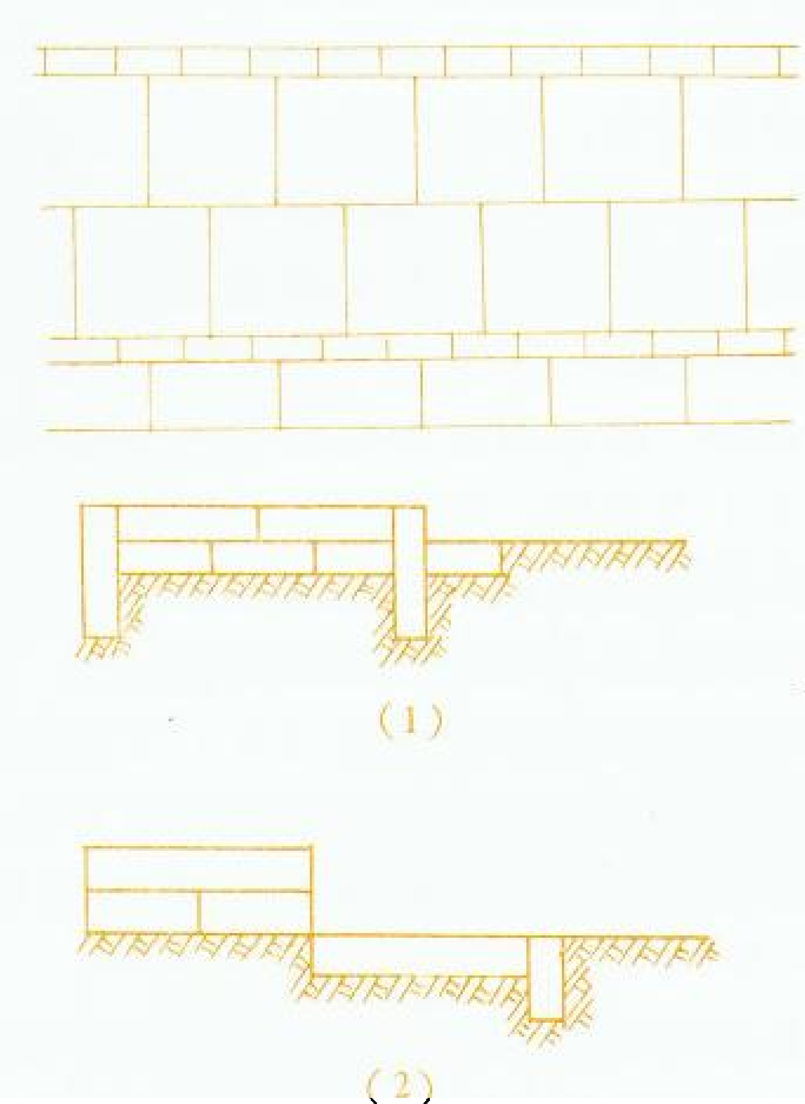


图6-3-4　砖砌散水

（1）唐长安大明重玄门散水；（2）唐长安大明宫西夹城散水

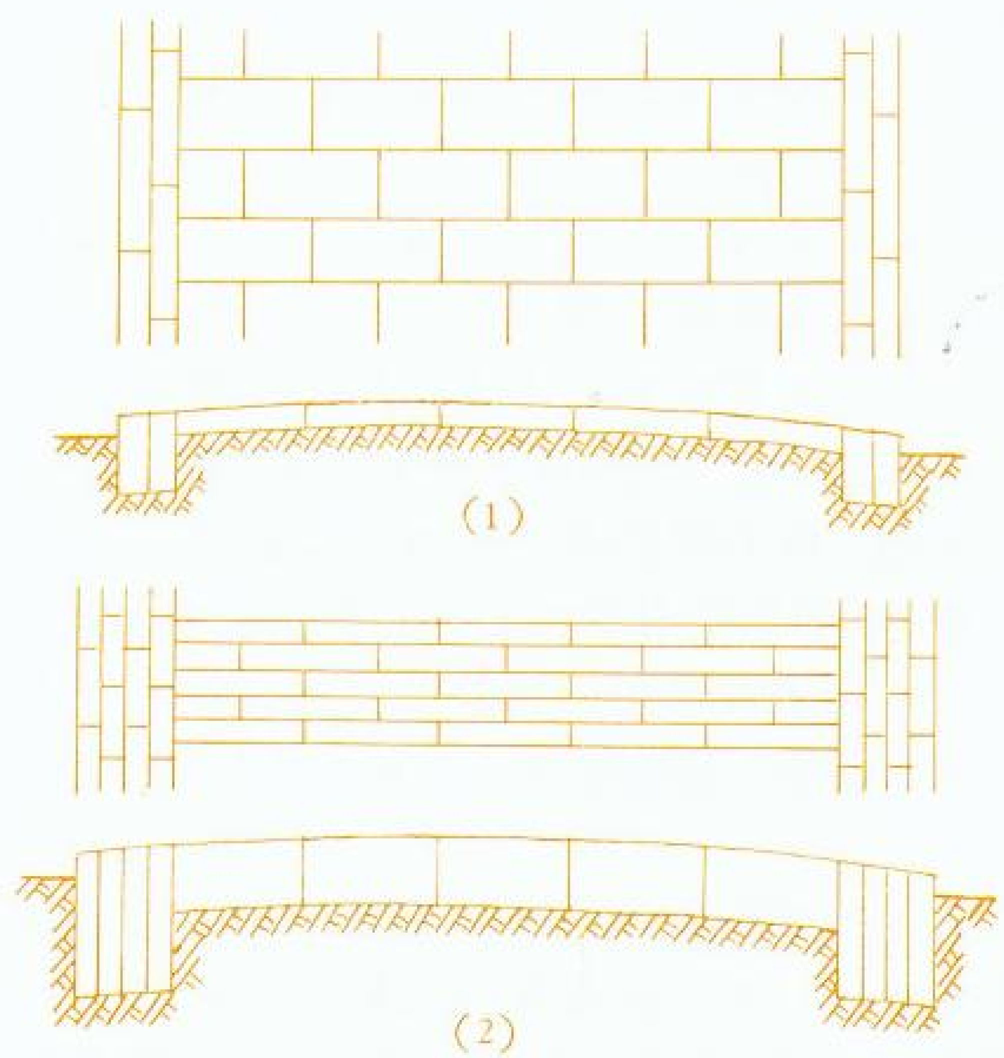


图6-3-5 宋《营造法式》露道砌法

(1)平铺砌；(2)虹面垒砌

排水的坡度在《营造法式》上定为“柱外阶广五尺以下者，每一尺令自柱心起至阶龈垂二分，广六尺以上者垂三分”。室外铺地与室内铺地的要求不同，铺地砖表面要考虑防滑。自秦汉以来的地面建筑遗址中，一般都有素面砖及花砖两种。从使用要求看来，可能就是分别作室内外的铺地之用。唐以前花砖铺地较多（图 6－3－6），一般用在慢道或庭园之中。到明清以后，花砖铺地则少见，而进一步发展为利用废料与砖合用于铺地（图 6－3－7）。如炉干石、破缸片、破瓷片、废瓦片、卵石等，都是铺砌庭园的好材料。特别在我国南方的很多民居及园林中，因地制宜，就地取材的地面工程，不胜枚举。这些铺地的特点，是利用薄砖、瓦片作边框，其它材料作填充料。因为砖嵌入基层不易发生位移，并且有砍磨加工方便的特点，常用它来组成各种图案。

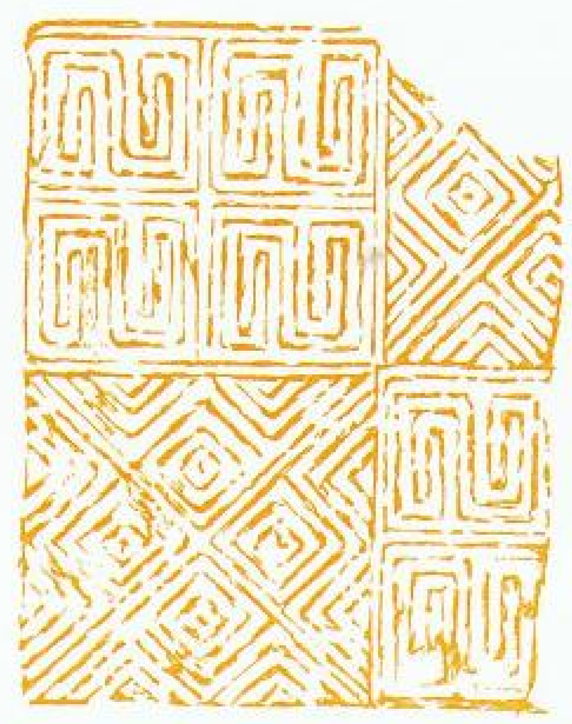
(五)屋顶平台的砖铺地面

屋顶平台的地面，是一种较特殊的工程。因为它既是屋顶又是地面，所以两者的功能都要满足。作为屋顶，就必须严格防止雨水渗透和方便排水；作为平台，人就要在上面行走，面砖必须平整、耐磨。因此它的铺砌技术要比一般地面复杂。高级的构造是：先在望板上铺五层砖，作为屋顶平台的基层，再上铺一层青灰，其上铺锡背作为防水层，防水层上为结合层，3厘米厚的粗灰泥（1：3石灰、泥土）上面铺面砖。这种面砖因为是屋面的面层，防的是雨水由上而下的渗透，所以砍砖正与《营造法式》所说相反，令上棱收入，目的是便于所嵌油灰（4：1白灰桐油）饱满严密，使雨水不至由砖缝中渗漏下去。如承德普陀宗承庙大红台的屋顶平台就是这种作法（图 6－3－8）。

以上种种铺地工程技术，在我国古代建筑技术成就中，只是一个很小的方面，然而已反映了劳动人民的高度智慧和创造才能。有的技术措施，直至今天还可作为借鉴，这些技术成就，在封建社会，多为封建统治阶级占有，所以一些优秀的



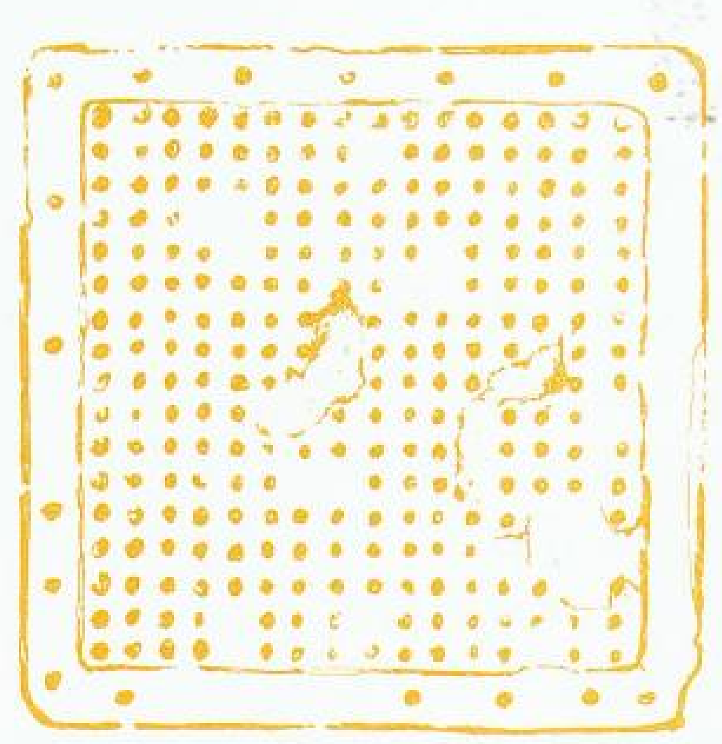
1.蔓草纹铺地砖（秦咸阳宫出土）



2.回纹铺地砖（楚皇城遗址出土）



3.卷辨莲花纹铺地砖（敦煌莫高窟53窟窟前建筑遗址出土）



4.乳突纹铺地砖（汉长安城出土）

图6-3-6 （1）铺地花砖

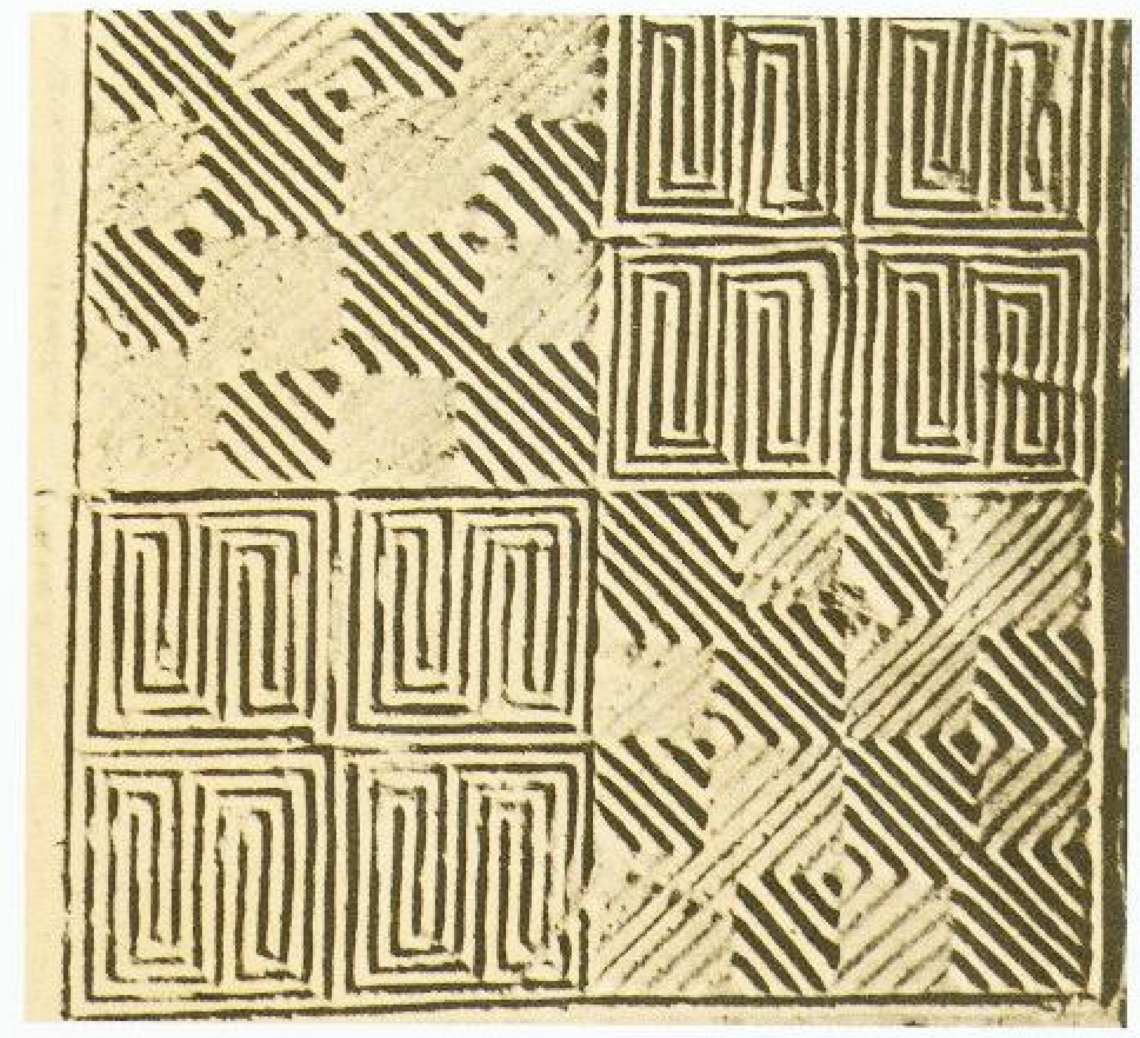


图6-3-6 （2）河北易县燕下都出土方砖（汉）



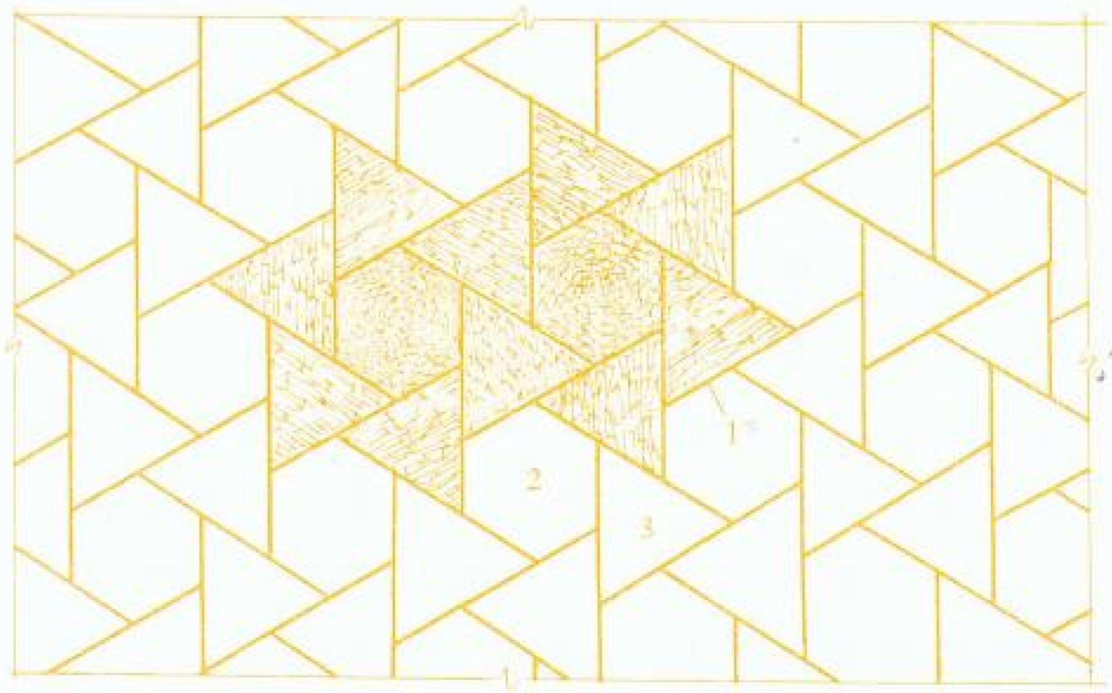
图6-3-6 （3）西安大明宫遗址出土唐花砖

技术成果，多反映在宫殿、庙宇及士大夫的第宅园囿之中。

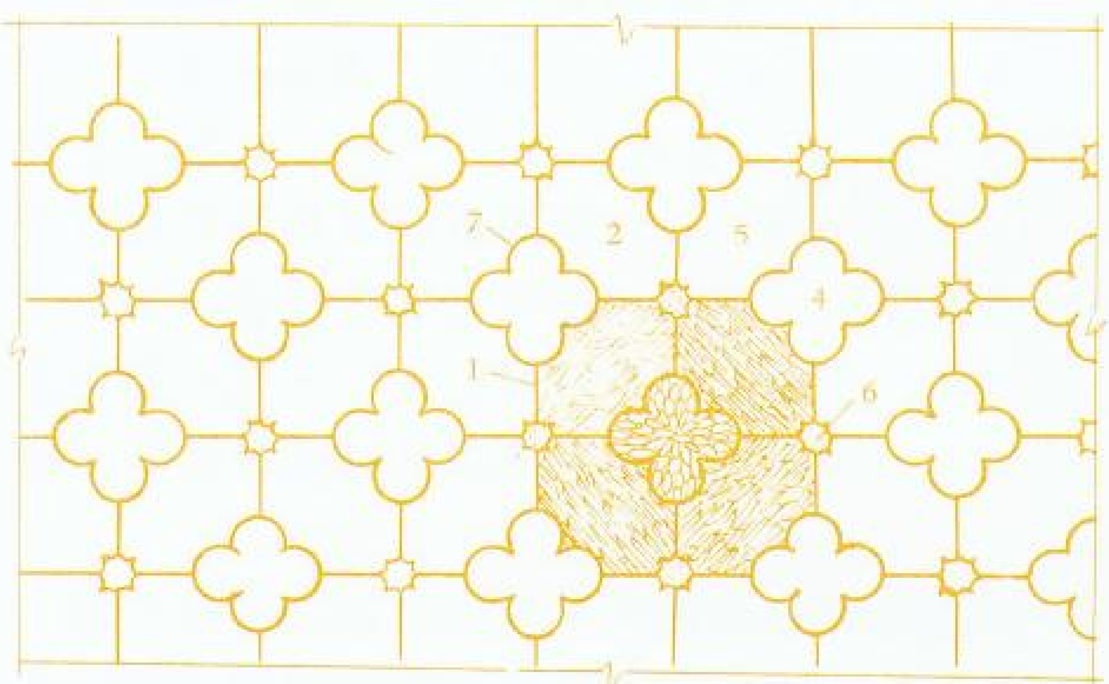
二 砖贴面工程

在砖铺地技术的基础上，采用砖来贴砌墙面是很自然的事。如在河南新郑五眼井战国陶窑遗址中，就是把铺地的带边框的方形花砖又用来贴砌土壁。可见贴面砖的出现，最初并不是为装饰的需要，首先是为满足防护的功能要求，以后才更多的注意到了建筑的美观要求。

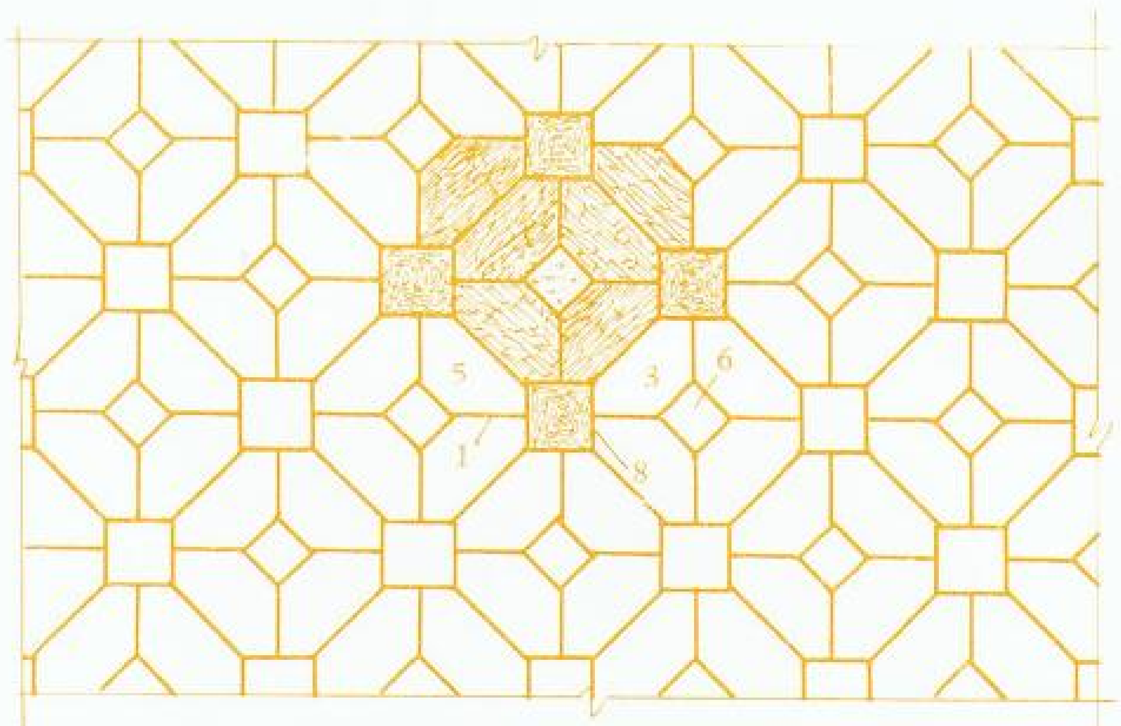
据目前考古发掘的资料得知，我国古建筑中采用贴面砖，最早是在战国时期。贴面砖一开始出现，就是根据建筑上不同的要求，而具有各种形式。如在陕西凤翔县先秦宫殿遗址中发掘出的饕餮纹贴面砖[34]，厚度只有 1.7 厘米，宽 23厘米，高 11厘米，砖的上边平直，其他三边呈弧形（图 6－3－9）。这种饕餮纹的贴面砖与春秋时代鲁国半瓦当上的饰纹很相似。也可能它就是用于檐下或檐口部位的贴面砖，多出于防水之需要。又如燕下都发掘出的曲尺形的贴面砖[35]（图 6－3－10）一端带子母榫，无疑是用于建筑的转角部位。因为在建筑的阳角部位是很容易受到碰撞损坏的。



（1）冰纹



（2）海棠菱花



（3）八角灯景

图6-3-7 砖、瓦、石合铺地面

1.砖；2.青石；3.缸片；4.卵石；5.黄石；6.银粒；7.瓦；8.白卵石

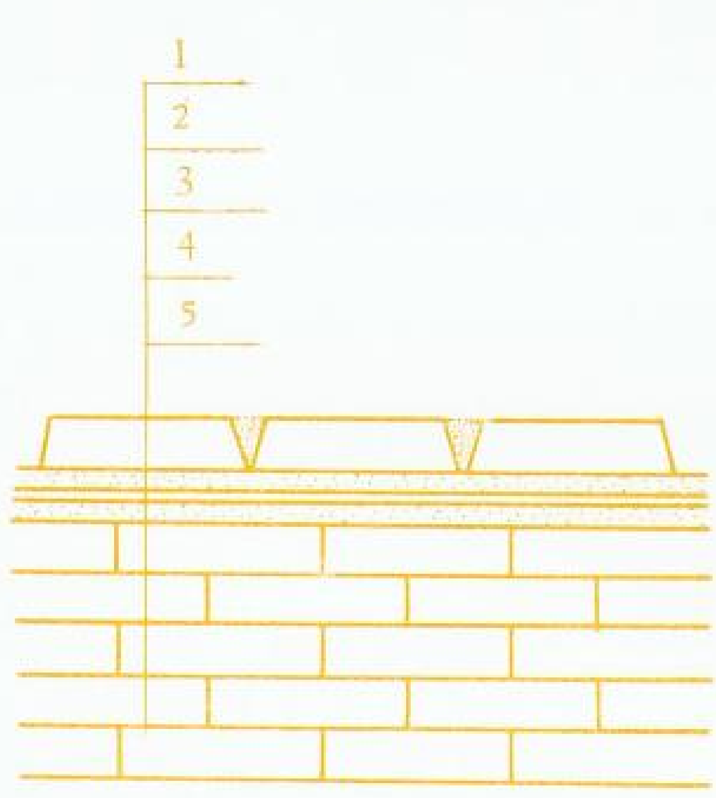


图6-3-8 承德普陀宗乘庙大红台平顶

1.面砖；2.1:3石灰泥；3.锡背；4.青灰；5.砖基层



图6-3-9 饕餮纹饰面砖（陕西凤翔光秦宫殿遗址出土）

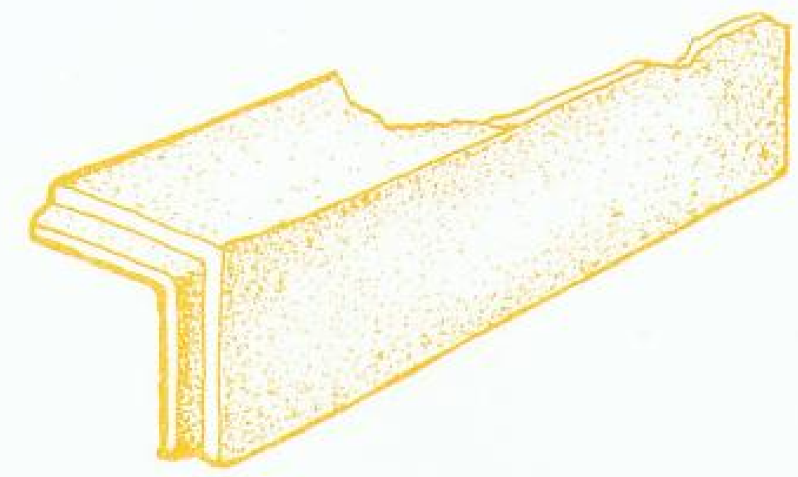


图6-3-10 L形饰面砖（河北燕下都出土）

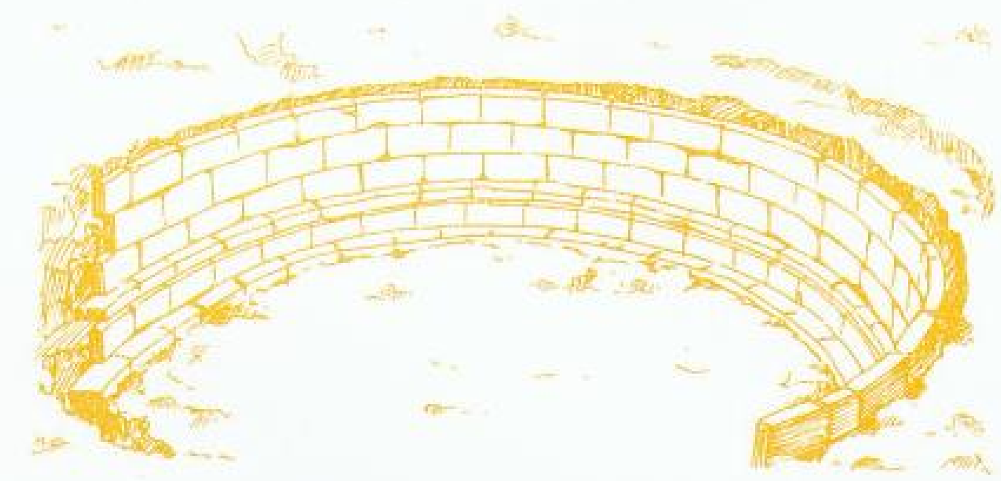


图6-3-11 砖贴砌困壁（洛阳西郊出土）

我国古代木结构建筑，以木架承重，土墙围护，为了防止木构件受潮腐烂，房屋常建在夯土的高台基上。但泥土本身无论是在强度、耐永性方面都是较差的。为了保护土墙和夯土台基，故常用砖包砌其表面。土墙采用包砌的方法，是因为当时砖还不能大量普遍采用之故。这种根据构造要求，面、里分别采用不同性质的材料，既提高了建筑质量，又经济美观，在工程技术上有着进步的意义。早在汉代，就有用砖镶砌房屋内壁和贴砌困壁的[36]（图 6－3－11）。东汉时期，在四川的墓室中流行一种画像砖的贴面作法。河南邓县出土的六朝画像砖，还有精致的雕刻（6－3－12）。六朝并出现了彩色画像砖的贴面，例如，南京西善桥油坊楼的南朝大墓，土坑的两壁用砖贴砌[37]（图 6－3－13）。唐代普遍采用砖包砌台基，如敦煌壁画所反映之例[38]（图 6－3－14）。直到明清仍沿用此法包砌土墙、碎砖墙及夯土台基。

到宋以后，雕砖、磨砖技术有了很大发展，砖用做装饰性的贴面材料就逐渐普遍起来，而且常用在建筑中显著的部位。槛墙、影壁、硬山墙、墀头、包檐墙等，都处于雨水经常冲刷侵蚀的部位，故用砖贴面较为普遍。一方面既起着保护木构架、土墙、土台基的作用，另方面在建筑的显著部位经过特别的雕刻加工，磨砖对缝，或者刨出各式线脚纹样，使其各细部完整而美观，可以达到很好的装饰效果。在我国古代建筑中，还常用砖嵌贴栏杆、门框、窗框等。因为这些部位的抹灰特别容易被碰掉，用磨砖对缝，砌成各式嵌砖线脚，不仅能起到护角的作用，而且在白粉墙上突出了装饰重点，青灰色的门窗边框与大面积的白粉墙，形成强烈对比，显得格外精致，光洁、素雅。

总之，砖贴面有其特殊的装饰效果，它一开始是满足构造功能的需要，到以后装饰性逐渐增强，而常被用于建筑的某些显著部位。我国古代工匠充分掌握了砖材料的性能，不仅使砖贴面满足了构造及使用功能方面的需要，而且使贴面砖的装饰效果独具一格，在砖贴面工程方面取得了



图6-3-12 （1）河南邓县出土六朝画像砖（舞蹈）



图6-3-12 （2）河南邓县出土六朝画像砖（牵牛）



图6-3-12 （3）河南邓县出土六朝画像砖（牛车）



图6-3-12 （4）河南邓县出土六朝画像砖

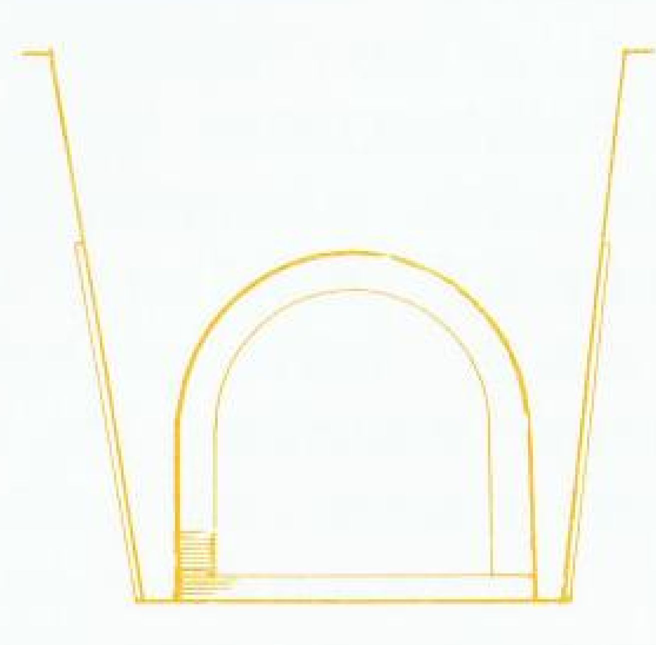


图6-3-13 砖贴砌护坡（南京西善桥油坊村出土）



图6-3-14 壁画中的砖包台基（敦煌217窟）



图6-3-15 饰面花纹砖（四川成都出土）



图6-3-16 L形三面花纹砖拓纹（山东掖县出土）

很高的技术成就。

作为贴面的砖与一般的砖要求不同。它要求更光洁美观，故在贴面之前一般都需经过刨磨或雕刻等加工方法。明清时把这种经过加工的砖称为“细清水砖”。不是所有的砖都可以做细清水砖，而必须选择平整的，孔隙细小的砖，这种砖是选料特制的，特别是需施雕刻的砖尤为讲究。砖雕方法是先用砖刨将砖刨平、刨光、然后再施雕刻，雕刻完毕，再行打磨。如遇空隙，还需用油灰填补；一边填一边磨，才能保证色泽均匀。料砖起线则由不同的砖刨口而定。各种起线的应用，可以随意组合，不过一般室外经常受风雨日晒的侵蚀，线条多较粗壮。室内则因光线较弱，而且更接近人的视线，故常采用较精细的线条。将加工好的面砖再用粘接、嵌砌、勾挂等方法固定到各种墙上。

一般砖饰面的方法，可分为拼砌和贴面两种。拼砌的面砖多用在普通砌砖过程中，它与砌墙、砌券是结合在一起的，即直接用模制的花砖、刻花砖或画像砖砌墙及起券。如南京西善桥油坊村南朝大墓，第一甬道的两壁各有拼砌 1.05×0.65 米的整幅砖刻狮子图案[39]。它是由若干块砖拼砌而成，为了施工方便，在每块图案砖的侧面，均刻上编号文字，如“右师下行第五”“右师下行十六”等。足证在砖贴面工程中，我国早已采用了整体装配的施工方法。这种砖结构中的砖贴面，是根据装饰面的需要，把砖的一个面（图 6-3-15）、两个面甚至三个面加工饰有纹样（图 6-3-16），在砌筑时把饰纹面朝向外表，而构造方法与普通砌墙、砌券无多大区别，只是在组成图案和花纹时，对这些贴面砖需经过一定的磨制校正，以消除制砖过程中产生的变形[40]。

面砖需要与某种基层结合的，称它为贴面。面砖与基层结合的方式，与基层材料有很大关系。



图6-3-17 饰面花砖（湖北楚皇城出土）

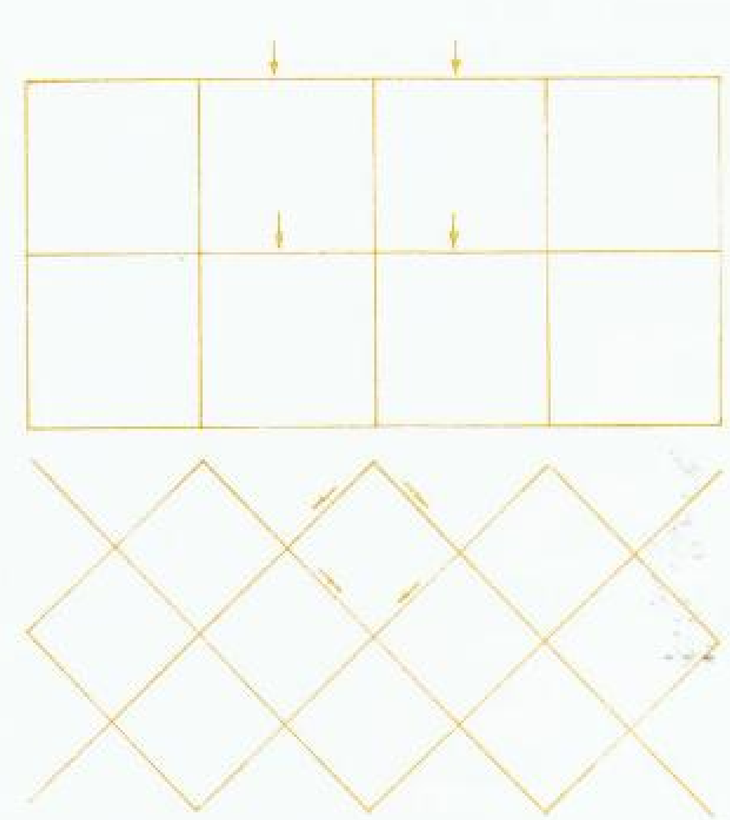


图6-3-18 贴面砖的受力比较

如果基层是土结构或砖结构，则多采用胶泥贴面的方法，胶结料有泥土、石灰等。纯用胶结料结合面砖，关键在于胶结料要细腻，若太粗糙就会影响贴面的质量，不平而且容易脱落。这种贴面砖一般都较薄，轻便、便于施工。如湖北宜城“楚皇城”遗址发掘的贴面砖[41]，厚仅2.2—2.8厘米（图 6-3-17）。在郧城发掘出的贴面砖仅厚 1.2 厘米[42]。除了胶结料要细，面砖薄以外，面砖的贴砌方式也有很大关系。如（图 6-3-18）的 a 图贴法只有水平砖缝受压，垂直灰缝不受压力。而图 6 则砌灰缝呈棱形，就使面砖的四个边均受到挤压，更有利于面砖间的相互咬接而不易剥落，而且这样的贴面，没有砖墙的厚重感，装饰效果更好。明清的照壁、槛墙多用此法贴砌。

对于木质的基层，如额枋、过梁、檩条等，面砖的固定常采用钉、挂的方法来固定。这种贴面砖都预先在适当的位置留出孔洞，用铁钉、竹钉钉或用铁丝绑扎在基层构件上。如汉魏洛阳城一号房址中发掘出的北魏大型兽面贴面砖[43]（图 6-3-19），大块的 57×45×6 厘米，小块的 43×34×5 厘米，面砖的钉眼很巧妙的留在兽面的两眼洞中。明清时还常把搏缝砖做成 L 形，或把额枋、过梁的面砖做成匚形，并把钉眼留在面砖的上方或底部，采用既钉又挂的方法固定面砖。

明清以来我国南方地区的水磨砖墙及门框、窗框的做法，常常是把面砖的背面开出榫槽，直接挂在木质榫头上嵌入基层，既牢实又美观（图 6-3-20）。



图6-3-19 兽面雕饰面砖（汉魏洛阳城出土）

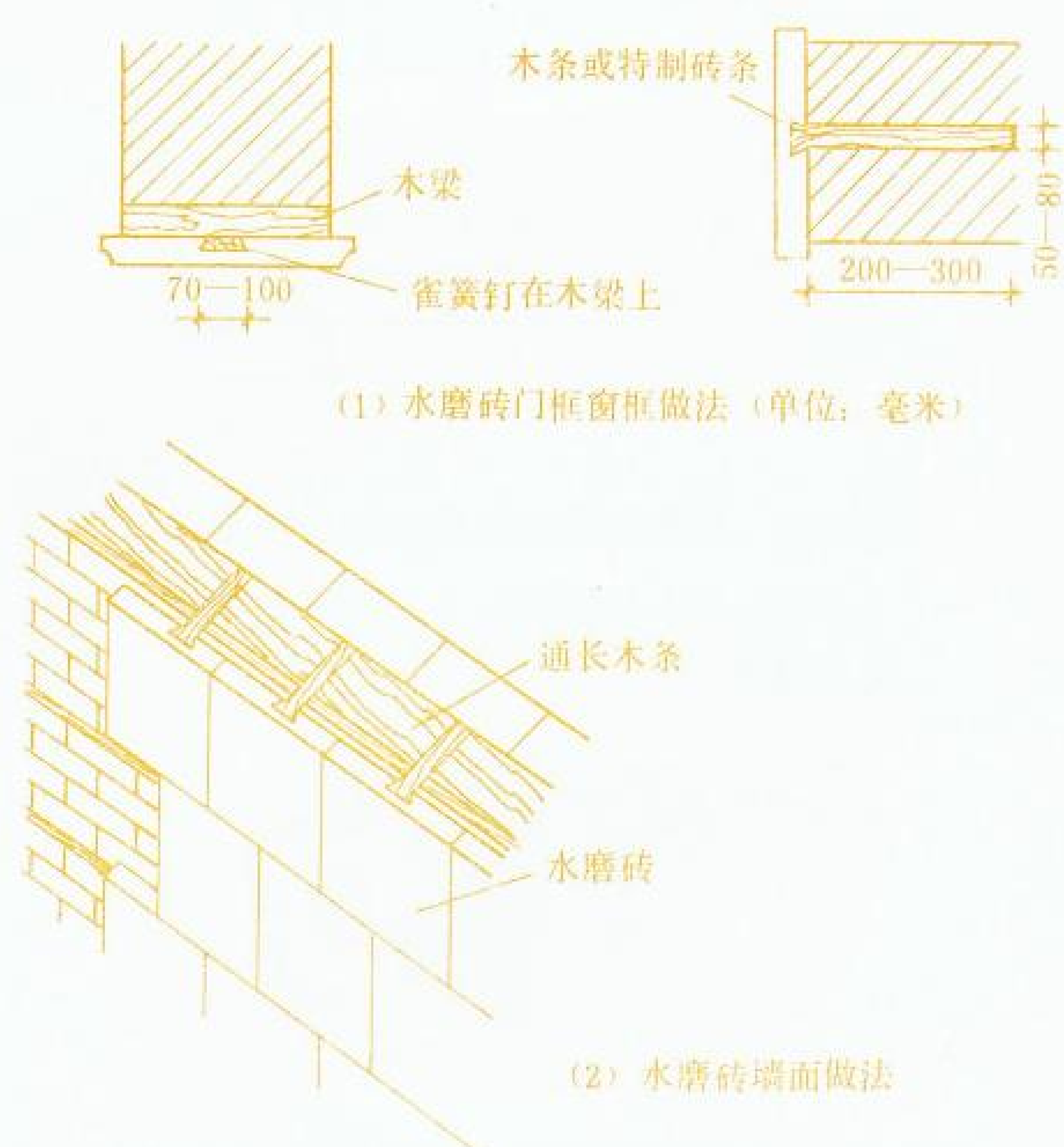


图6-3-20 南方砖饰面做法之一

第四节 铺瓦工程

我国古建筑的屋顶，由小型铺面材料——瓦组合成巨大的屋面，能够经受长久岁月的风雨考验，使整个建筑得以完好保存，这不能不说我国古建筑的屋面技术（即铺瓦工程）是有相当成就的。

我国古建筑的铺瓦工程技术，不仅体现在宫殿、寺庙等官式建筑的琉璃瓦屋顶上，民间建筑广泛采用的陶瓦（布瓦、小青瓦、蝴蝶瓦）屋顶，也凝聚着古代劳动人民因地制宜的许多成功经验。

我国的瓦屋顶是有着悠久历史的。《考工记》上已有“葺屋叁分，瓦屋四分”的记载；陕西扶风、客省庄等西周遗址出土有西周板瓦实物[44]，说明我国早在西周就已经出现了瓦屋面，而且规定了它的坡度。从秦汉建筑遗址中大量出土的板瓦、筒瓦、瓦当、瓦钉来看，不仅说明这一时期瓦的制作技术大为提高，而且反映出铺瓦技术也有了很大进步。关于铺瓦工程，在《营造法式》卷十三《瓦作制度》中，对结瓦、用瓦、垒屋脊、用鸱尾、兽头等以及有关功料，都做了详尽记载。清工部《工程做法》、《扬州画舫录》（卷十七《工段营造录》）等也有关于铺瓦工程的记载。

一 屋面的防水措施

《易·繫辞》云：“上栋下宇，以待风雨”。遮蔽风雨是屋面最主要的功能。为了使屋面切实起到防风避雨的作用，古代工匠在铺瓦工程方面，采取了一系列的有效措施。

为了尽快排除雨水，并避免雨水飞溅到墙脚和墙身上，古代建筑的屋面采用了较陡的坡度和较深的出檐。当然，这样处理在很大程度上也加大了屋面体量，使建筑造型更加雄伟壮丽。

我国古建筑的屋面构造，一般包括：面层（瓦）、结合层（坐瓦灰）、防水层、垫层、基层（望板、望砖、柴栈、苇箔等）。官式建筑做法较考究，层次多一些；民间建筑及南方地区建筑根据具体条件，层次少一些。

西安半坡遗址和安阳小屯殷宫室遗址，都发现有一层或数层夹草泥屋面，这是我们所知道的最原始的屋面做法[45]，也是最原始的防水措施。瓦的出现标志着屋面工程的一大飞跃。经过焙烧的瓦，防水性能远较草泥优越。由小块瓦所组合成的屋面还可以避免整体夹草泥屋面因开裂而引起的渗漏现象。现代建筑整浇混凝土屋面的防止开裂问题，仍然是屋面工程的一个不易解决的难点。瓦屋面则没有这种困难，而且也容易检修、维护。瓦的制作、搬运、施工也都比较方便，因此，它成为古代主要的屋面材料。

瓦出现之后，即作为直接承受雨水的面层，但下面仍保持有夹草泥层。《营造法式》卷十三载：“其柴栈之上先以胶泥编泥，次以纯石灰施瓦”。这里纯石灰是用来结瓦，而胶泥的作用则是作为防水层和垫层。同书料例部分还可看出，泥中掺有麦麸（破碎之麦壳）、麦䴬（破碎之麦杆）等纤维材料，以防龟裂（图 6－4－1）。

明清时期的民间屋面，一般是以青灰背作为防水层。青灰是一种产于北方的粘性无机材料，掺有麻刀的青灰，施工时经过拍打出浆，这样做成的青灰背，其防水效果远胜于草泥层。北方的民间建筑，采用单纯的青灰背屋面，上面不另施瓦，这在北方少雨地区，仍不失为一种经济可行的做法。标准稍高一些，则在靠近屋脊及梁架支点处易变形开裂部位局部铺瓦，其余部分仍为青灰顶（北方称“棋盘心”屋顶）（图 6－4－2）。明清的官式建筑，屋面防水处理很讲究，除青灰背之外，在望板上也做了防水（也是防腐）处理：或是刷桐油，或是铺一层护板灰（麻刀青灰或桐油灰），故宫太和殿等处还有加铺 2 毫米厚铅背的做法。经过这样处理之后，就使屋面防水的安全性大为提高（图 6－4－3）。

板瓦屋面宋时用压四露六方式铺葺。各垄仰瓦分别形成汇水沟，两垄仰瓦间的空隙为一行合瓦所覆盖，合瓦上的雨水大都汇集到仰瓦上排出屋面。这种瓦屋面的排水情况是十分流畅的。我国南方气候温暖，风力较小，因此有些地区往往不用结合层及保温层，而是将仰瓦直接铺放在椽子（或桷子）上，再盖以合瓦，这样的屋面，仍能起到很好的遮雨作用，其检修也十分方便（图 6－4－4）。

根据屋架的举折，屋面从正脊至檐口并不是坡度一致的曲线，而是近脊处陡，近檐处缓。为此，古代屋面近脊处瓦的搭接较多，近檐处瓦的搭接较少，以减少近脊处瓦向下沉移而造成漏雨的可能性。

北方地区雨量较小，不少民间建筑为经济原因，屋面铺瓦只用仰瓦而不用合瓦，各行仰瓦密铺，上面不再覆盖合瓦（北方称“单撒瓦”）（图 6－4－5）。较仰瓦屋面稍进一步者为仰瓦灰梗屋面，即每垄仰瓦交接处用灰泥抹成一道窄灰梗（图 6－4－6），防水性较前者有所改进，施工也较前者简单。

仰瓦屋面和仰瓦灰梗屋面，可能是起源很早的铺瓦方法。瓦屋面一开始出现，必定不会是十

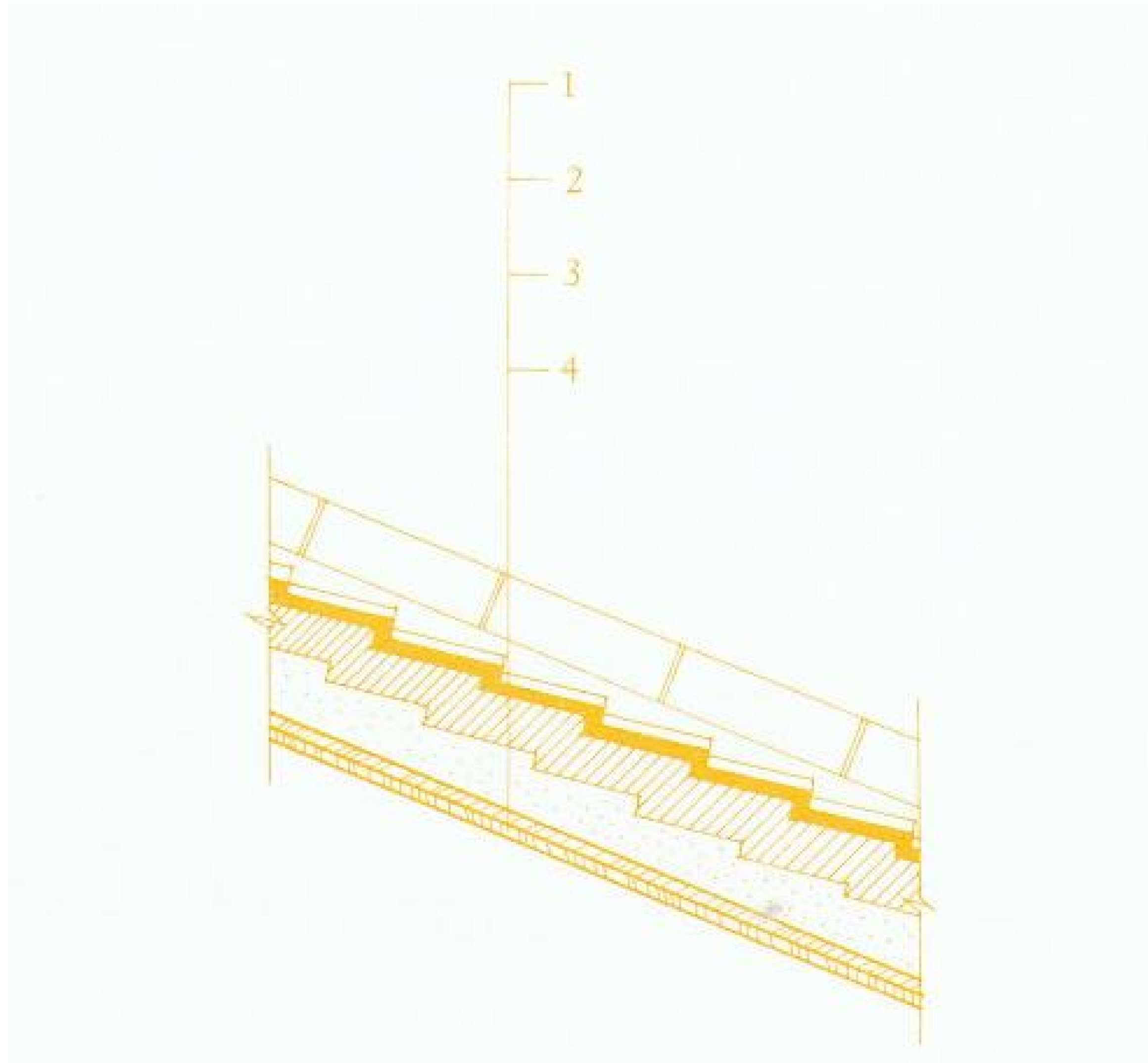


图6-4-1　宋《营造法式》中的铺瓦做法

1.瓦；2.纯石灰结合层；3.胶泥；4.版或笆箔

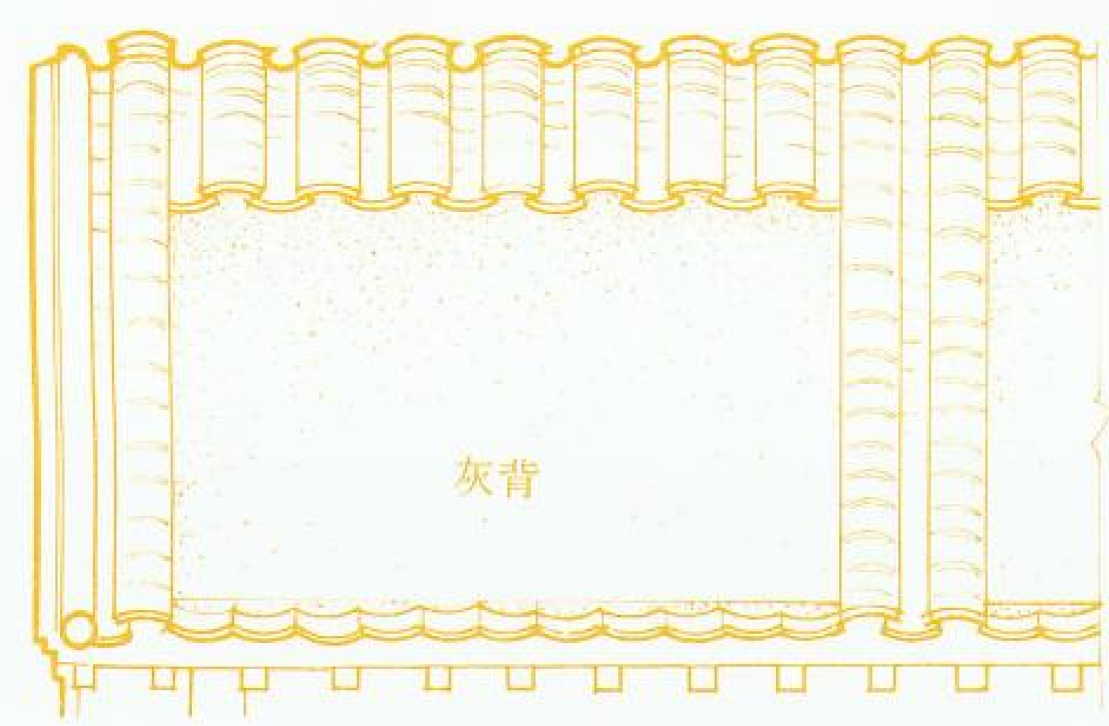


图6-4-2　“棋盘心”屋顶

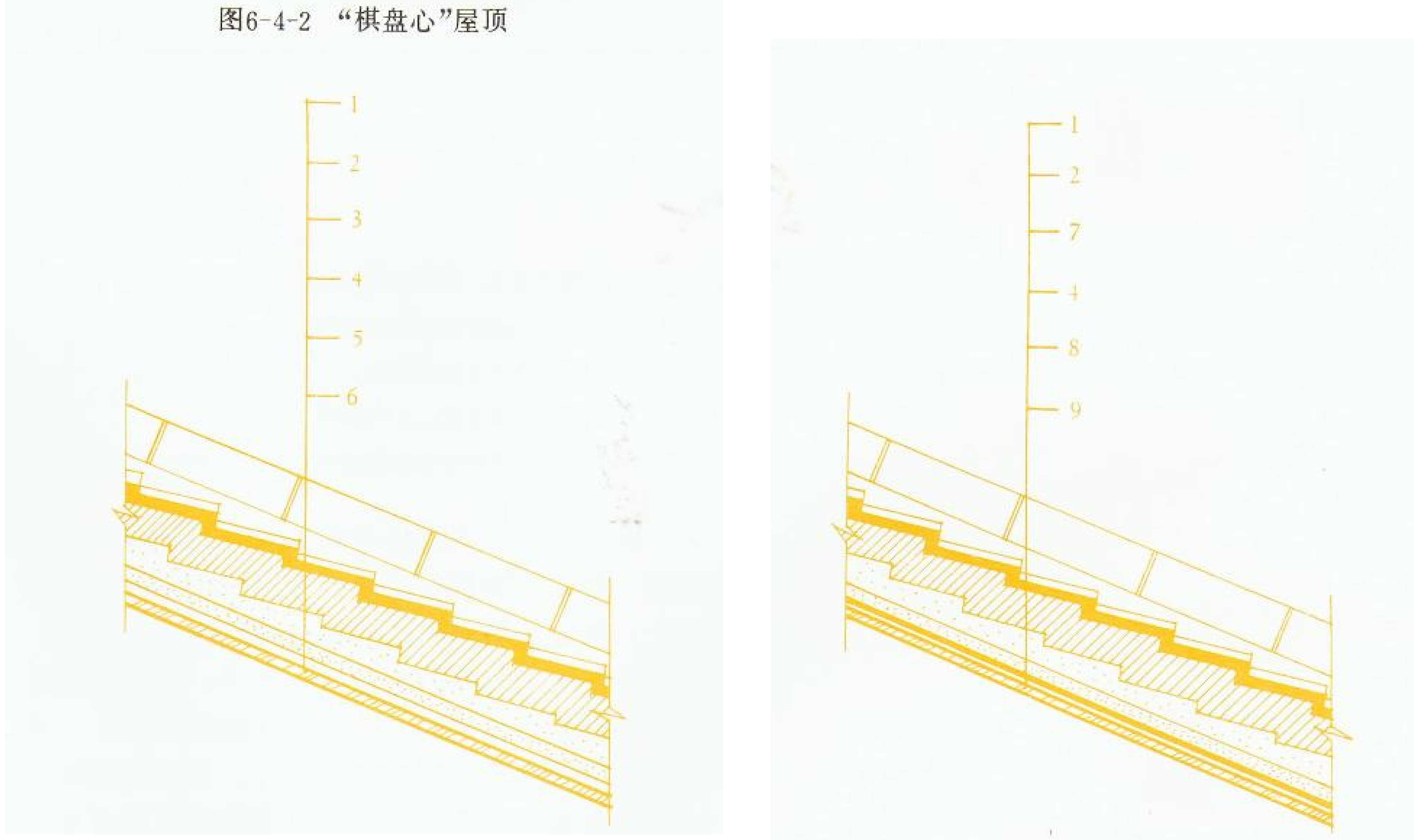


图6-4-3　明清官式建筑铺瓦的一般做法（左）、北京故宫太和殿等处带铅背屋面做法（右）（单位均为毫米）

1.琉璃瓦；2.坐瓦灰（纯石灰或灰泥）；3.20厚青灰背上铺麻布或长麻刀拍打出浆；4.20—40厚麻刀泥苫背（用于调整屋面曲线）；5.20厚护板灰（麻刀青灰，考究者用桐油灰）；6.望板；7.20厚青灰背；8.20厚铅背合金钉钉至望板；9.望板刷桐油

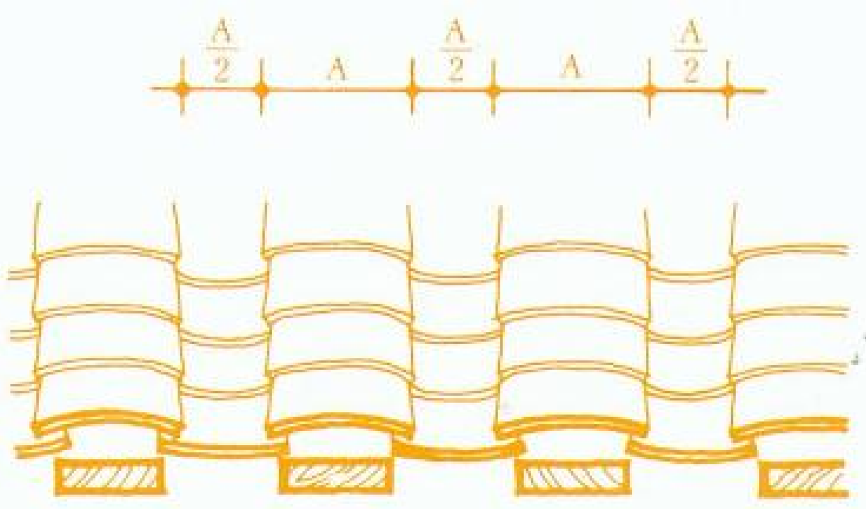


图6-4-4 南方常见铺瓦做法示意图

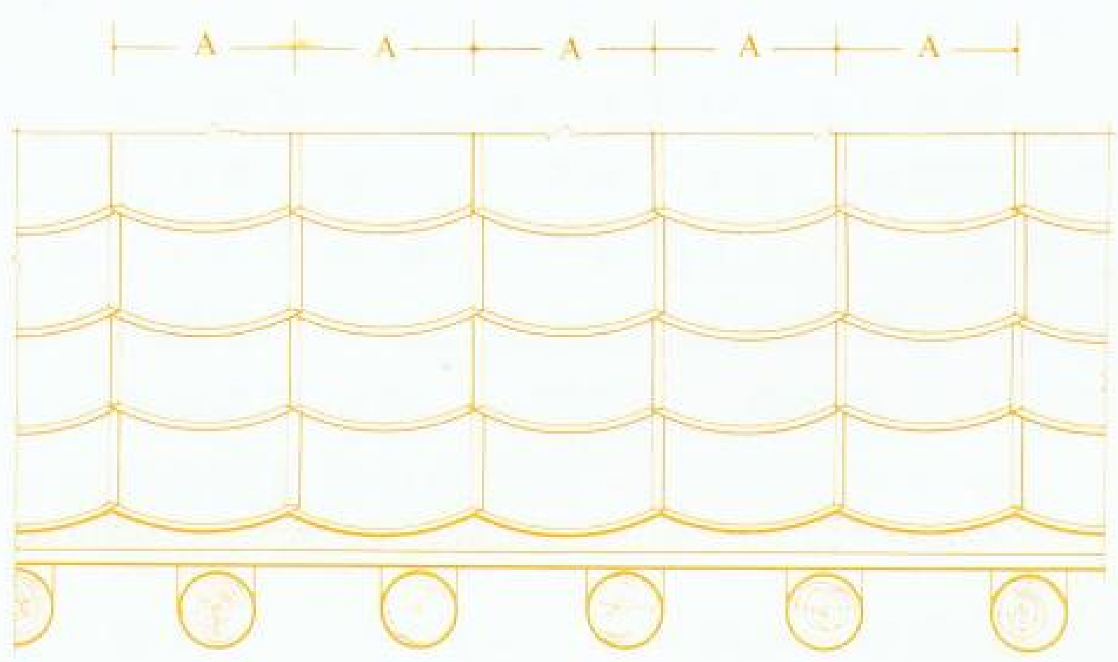


图6-4-5 仰瓦屋面

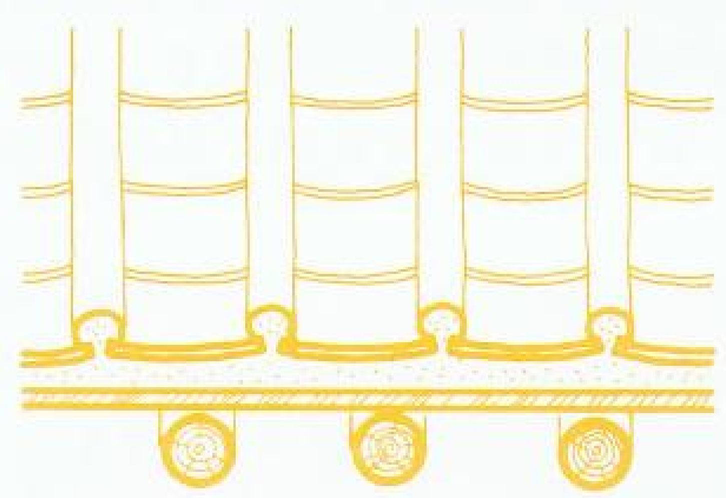


图6-4-6 仰瓦灰梗屋面

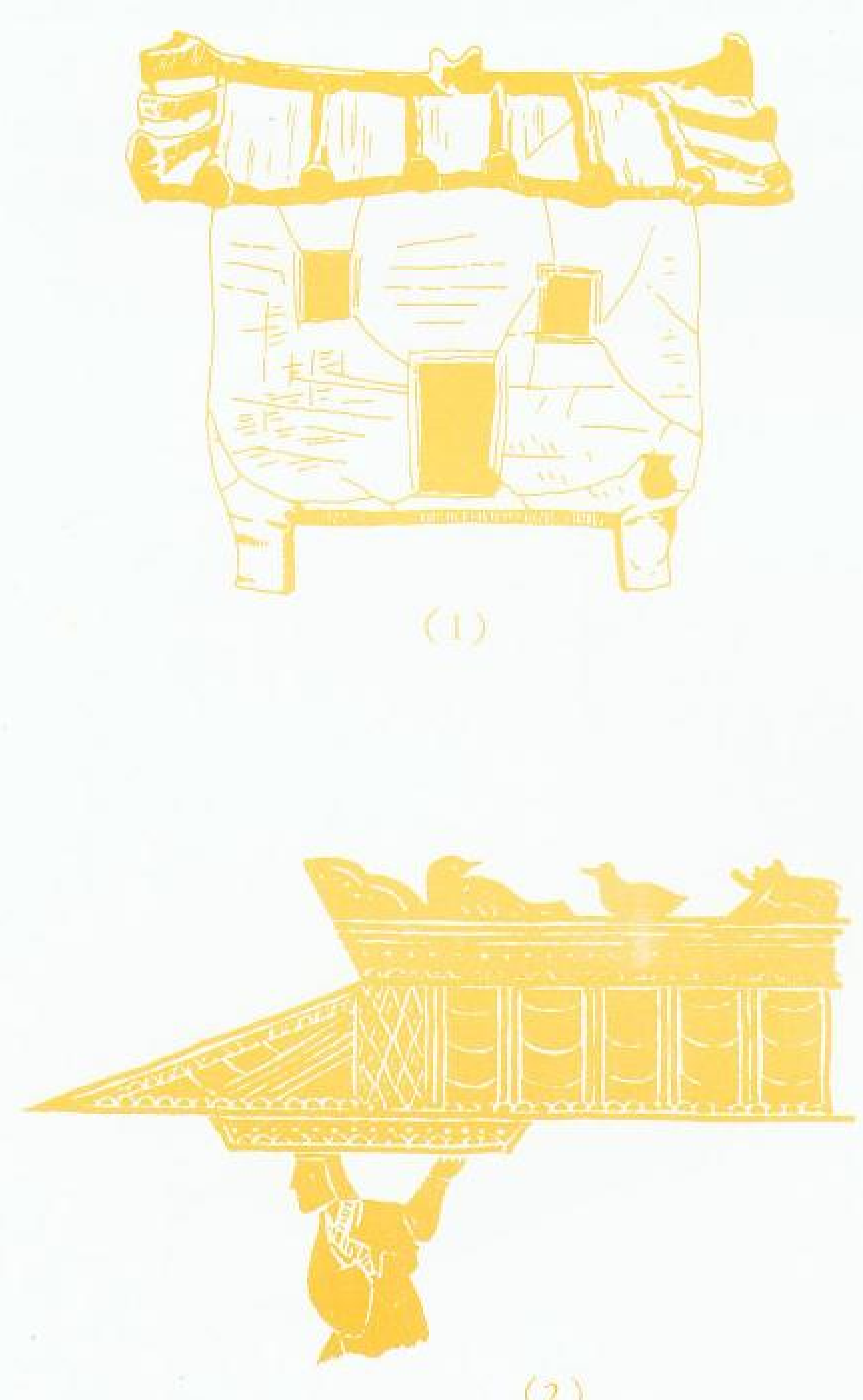


图6-4-7 汉明器及画像石中所反映的屋面做法

(1)牧城驿汉墓明器；

(2)武梁祠画像石

分完美的，已出土的比较早期的西周瓦，不仅制作上带有原始性，而且只有板瓦并未发现筒瓦，出现筒瓦已是西周晚期。可能最初的屋面只用仰瓦，为了防止瓦垄间漏雨，遂用草抹成灰梗。这或许就是我们从汉明器、画像石、画像砖中所看到的板瓦宽、筒瓦窄这种屋面的前身（图 6－4－7）。出现筒瓦之后，仰瓦屋面及仰瓦灰梗屋面就作为民间建筑采用的铺瓦方式而一直被保留下来。

带筒瓦的屋面，系用于殿阁厅堂亭榭寺观等官式建筑上，筒瓦的作用相当于板瓦屋面的合瓦，不过这种屋面更富于装饰性。筒瓦不象合板瓦那样压四露六地搭接而靠类似子母榫的突出瓦唇相互搭接；如果瓦唇形式处理不当，筒瓦接头处就会形成漏水的缝隙。从我国历代筒瓦瓦唇形式的演变，可以看出这一问题是逐步得到了妥善解决，瓦唇的形式逐渐趋于合理化，防止了从该处漏雨的可能性（图 6－4－8）。

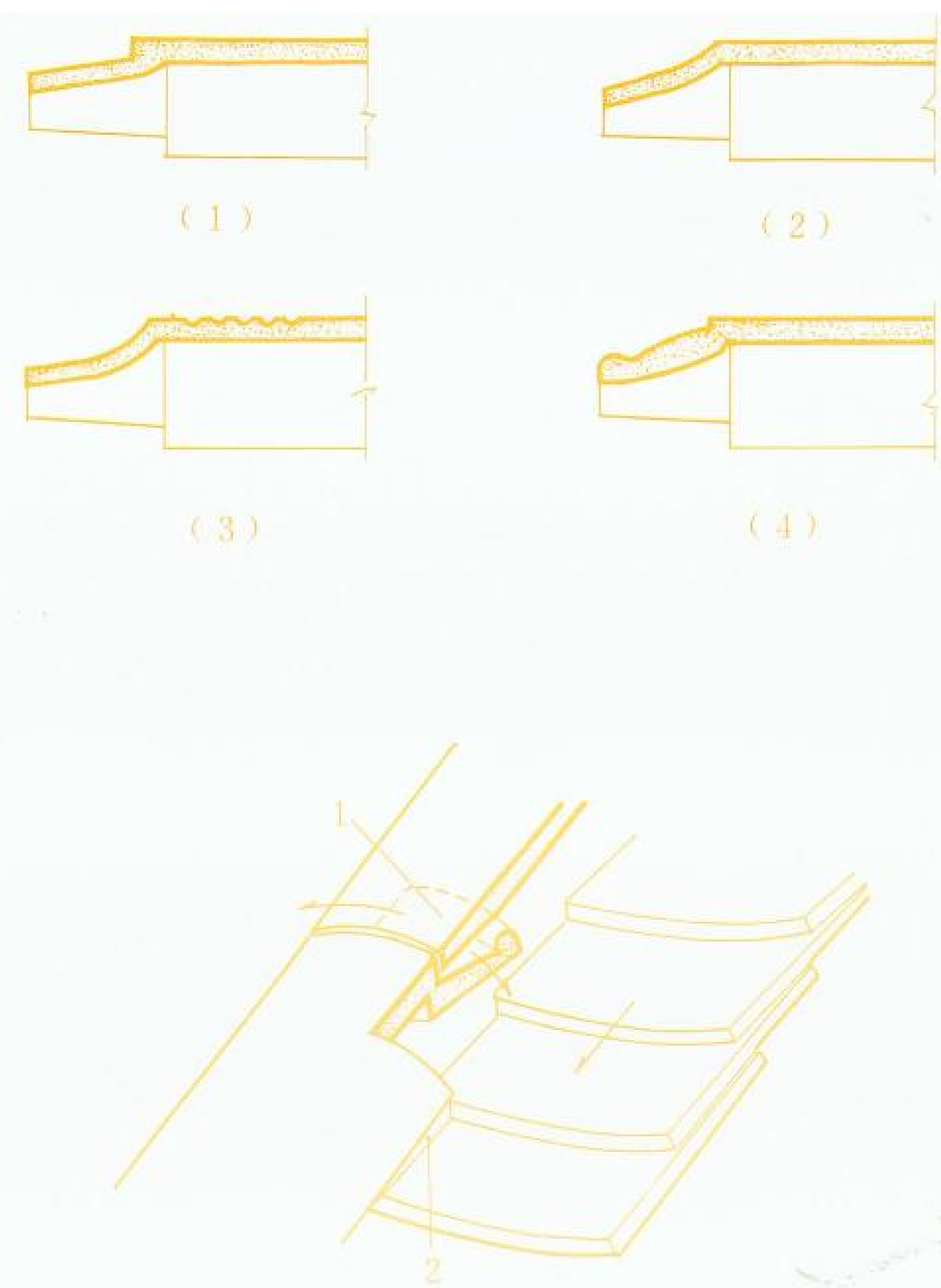


图6-4-8 筒瓦瓦唇的演变和搭接

(1)河南新郑出土春秋筒瓦；(2)河南新郑东关出土战国筒瓦；(3)洛阳汉河南县城东区出土汉；(4)清代筒瓦代筒瓦

1.筒瓦搭接外渗水的排出经路；2.桐油灰

图中Ⅰ、Ⅱ式瓦唇为向下倾斜的斜线或斜曲线形，筒瓦上的部分雨水容易通过瓦唇渗透到屋面上。Ⅲ式瓦唇沿筒瓦弧线方向形成半环状沟，即令有少量雨水从筒瓦接缝处渗下，也会沿着瓦唇的半环状沟流到仰瓦上，这样就避免了Ⅰ、Ⅱ式瓦唇那种渗水到屋面上的可能。Ⅳ式瓦唇在Ⅲ式基础上加以改进，将半环状沟推到瓦唇前端，瓦唇的大轮廓仍为一个斜面，这样既可防止渗水，又利于两块筒瓦的搭接。

瓦身构造防水措施的进步，还体现在瓦当和滴水的演变上。根据出土情况来看，秦代以前只有半瓦当而无圆瓦当，秦咸阳宫殿遗址已发现有圆瓦当。西汉时圆瓦当仍占少数[46]，主要还是半瓦当，到东汉以后基本上才都改用圆瓦当。

半瓦当之所以会逐渐被圆瓦当所代替，为了造型美观是一个方面，另外，很大程度上是为了排水要求：圆瓦当比半瓦当的束水性能要好得多。此外，半瓦当与筒瓦壁成直角，雨水容易沿瓦当逆流而上；早期的圆瓦当仍与筒瓦壁成直角，以后演变为斜交，下部向外倾斜，雨水不易逆流（图 6－4－9）。

滴水瓦也同样起束水作用（图 6－4－10）。汉魏时尚有花卉状及锯齿状的花头板瓦[47]，北齐时有了板瓦沿，唐代已出现了滴水瓦[48]，但都还没有发展成后来的滴水瓦形式。

筒瓦屋面还有一种做法，是在筒瓦铺好之后，整个筒瓦垄用青灰抹面（北方称为“滚垄”），不仅外观齐整，而且加强了屋面防水性能。这种做法只适用于陶瓦，琉璃瓦屋面是不必采用的。

铺琉璃筒瓦时，为了色调一致，铺黄琉璃瓦时在铺瓦灰中掺入适量土红；铺绿琉璃瓦时掺入适量青灰；这样，灰缝不致过分显眼，加强了筒瓦行垄的整体效果。

圆攒尖顶铺瓦与其他类型屋面有所不同，由于它逐层收小的特点而采用了两种特制的瓦，即“竹子瓦”与“扇形瓦”。前者是上小下大的单块瓦件，逐层规格不同；后者更为特殊，它是在一块大的瓦件表面做成数垄窄垄筒板瓦的形状，用于攒尖顶的近端。



图6-4-9 瓦当的束水作用

(1)半瓦当；(2)圆瓦当



图6-4-10 滴水瓦的束水作用

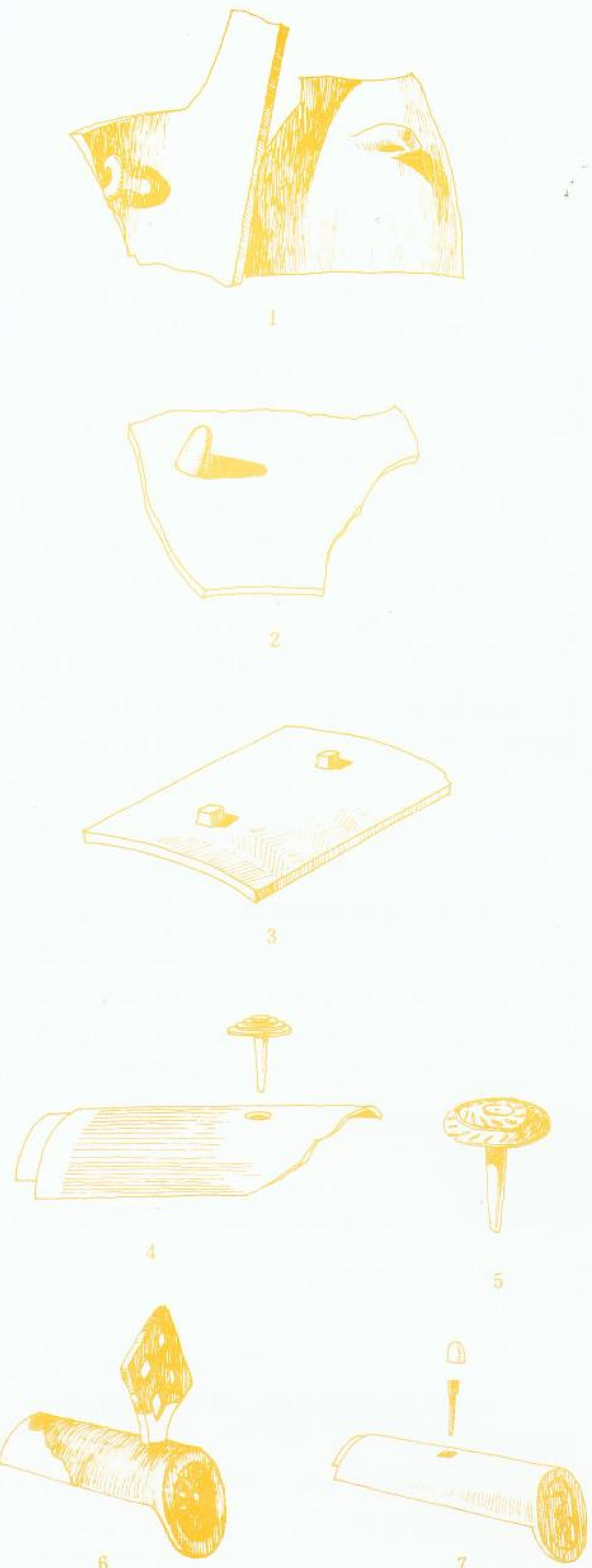


图6-4-11　瓦钉形式的演变

1.西安客省庄出土西周板瓦；2.陕西扶风出土西周板瓦；3.陕西扶风上康村出土西周板瓦；4.河南新郑出土战国筒瓦及陶瓦钉；5.洛阳汉河南县城出土陶瓦钉；6.汉魏洛阳城出土瓦当与瓦钉；7.明清勾头瓦及瓦钉帽铁瓦钉

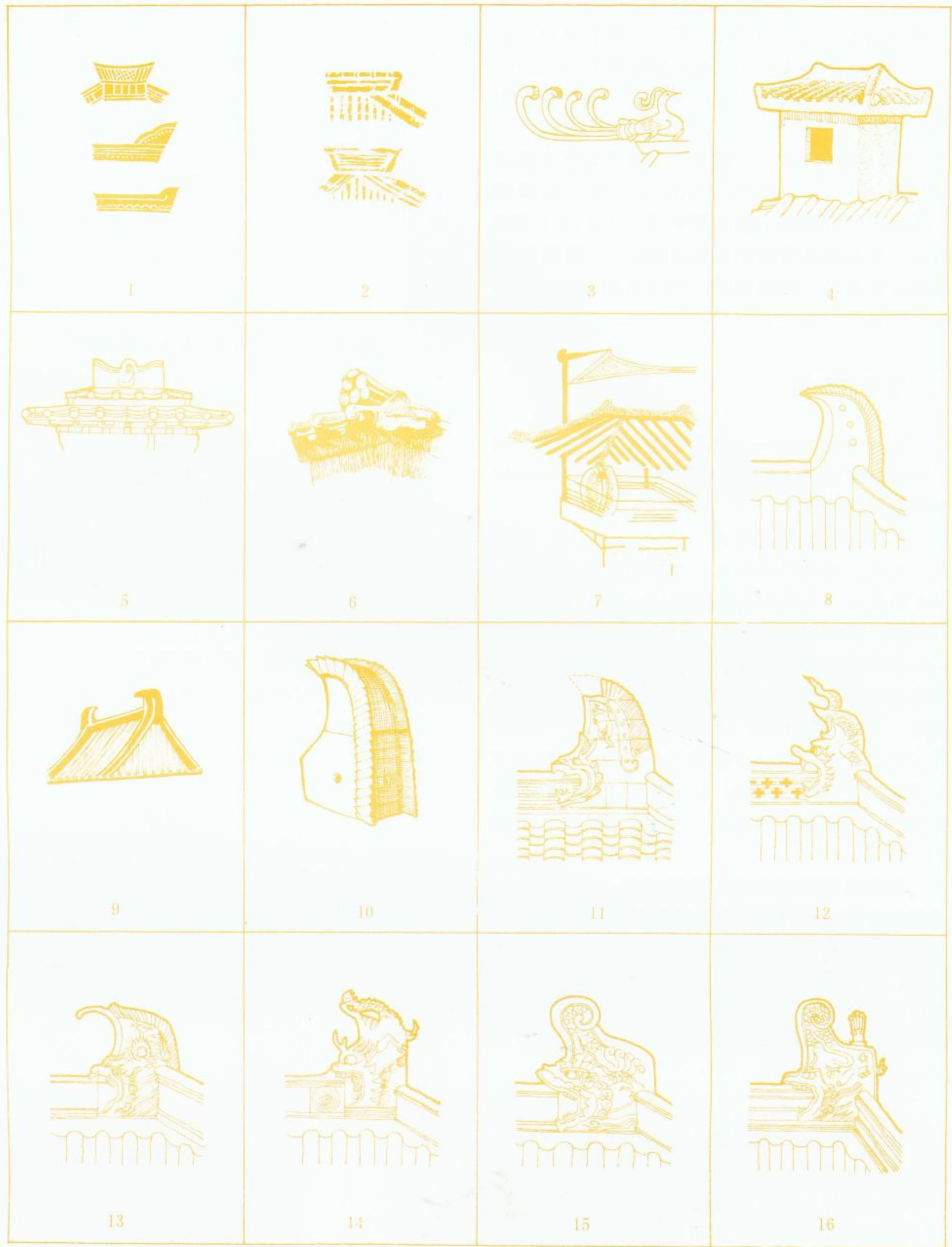


图6-4-12　历代脊饰及鸱吻

1.武梁祠汉画像石；2.两城山汉画像石；3.纽约博物馆藏汉画像石；4.汉明器陶屋；5.四川雅安高颐阙；6.河南嵩山太室石阙；7.河北安平出土东汉壁画；8.大雁塔门楣石刻；9.懿德太子墓壁画；10.唐昭陵献殿鸱尾；11.五台山佛光寺大殿唐鸱尾；12.河南登封少林寺初祖庵北宋鸱尾；13.蓟县独乐寺山门辽代鸱尾；14.永乐宫无极门元代鸱尾；15.北京智化寺正吻；16.北京故宫太和殿正吻

二　瓦的固定

瓦的固定问题，也是铺瓦工程的一个重要方面。我国古建筑屋面坡度陡，加之北方地区风力大，如何保证瓦在屋面上的稳固，不致被风吹落，或因重力下滑，需要加以妥善解决。

在这方面，我国古代工匠采用了粘结材料与瓦钉结合使用的方法。《营造法式》中说明宋代是纯石灰施瓦，也有用泥结瓦的。已发掘的大量汉墓中，虽已发现有涂了石灰的壁画，但墓室的砖结构仍用泥砌筑，说明当时在建筑上使用石灰还不普遍。因此可以断定，至少在汉代仍是用泥作为铺瓦的粘结材料。出土西周板瓦的固定瓦钉长度约为 5 厘米，从而可推测出当时铺瓦的草泥层厚度应不少于 5 厘米。明清的官式建筑一般用纯石灰或灰泥（石灰加黄泥）铺瓦，民间建筑则多用草泥。

瓦钉形式的发展，也反映了铺瓦技术的进步。西周的瓦钉是附在板瓦上，与瓦身整体烧制而成。陕西扶风周代遗址出土的板瓦，带有突出的锥形瓦钉，用以直接插入草泥层中而使瓦固定。西安客省庄出土的西周板瓦带有瓦环。陕西扶风上康村出土的西周晚期板瓦，瓦钉呈两个方形乳突状。

战国以后的瓦钉，开始脱离瓦身而形成单独的构件，这样既不易断损，又便于瓦的制作。瓦钉一端为蘑菇形钉帽，一端为尖锥形钉身，钉帽顶部往往有各种纹样。瓦钉系陶土制成，也有一些是陶钉帽、铁钉身，如洛阳东王城出土的就有

这种瓦钉。出现单独瓦钉之后，相应地出现了带瓦钉孔的筒瓦，瓦钉穿过瓦钉孔而钉入苫背使瓦固定。汉魏洛阳城还出土有带菱形镂孔钉帽的陶钉瓦，使瓦钉的功能作用与装饰性很好地结合起来（图 6－4－11）。

《营造法式》卷十三规定："当檐所出华头瓪身内用葱台钉"。对规模较大的屋面，为了瓦的稳定还规定："六椽以上屋势紧峻者，于正脊下第四瓪瓦及第八瓪瓦背当中用著盖腰钉"。明清时采用的金属瓦钉、琉璃顶帽，以及屋面较大时使用腰钉等做法，基本上都是因袭宋式。

三　屋脊与脊饰

屋脊是屋面的一个重要组成部分，它是两坡之间的交接及转折部位。这一部分是整个屋面防水的薄弱环节。

客省庄西周晚期遗址，有一块残瓦片，断面成人字形，可能已是脊瓦。秦始皇陵出土的脊瓦形状简洁近于现代的机制陶脊瓦。汉代的石阙、明器等所反映的建筑，有些屋脊是用筒瓦垒成的。一般明器在正脊两端常有用瓦当头贴面者。还有不少汉明器正脊两端向上隆起，形状略似后来的鸱尾。它当初的出现，必有其功能意义，可能是为了保护脊檩处原始木构的节点而特意把屋脊这一部位的草泥抹厚一些，以后因袭下来并与装饰性相结合逐渐演变为鸱尾、正吻等脊饰形式（图 6－4－12）。

北魏石窟所反映的建筑形式中，已经出现较正规的鸱尾。鸱尾起源于印度的摩竭鱼形式[49]，由于我国的木结构建筑十分易燃，封建统治者为了"避火"，于是就把传说能灭火的摩竭鱼形式用到建筑脊饰上而形成鸱尾的形象。汉代一些重要建筑的屋脊上曾采用朱雀、铜鸟等脊饰，当鸱尾兴起后即逐渐取代之。

唐《营缮令》规定："宫殿皆四阿，施鸱尾"，西安大雁塔门楣石刻及懿德太子墓墓道壁画等处反映了其具体形式。从唐昭陵献殿遗址出土的鸱尾实物来看，这时已发展为涂釉的大型瓦件。

《营造法式》记载，宋代建筑脊饰除鸱尾外尚有嫔伽、蹲兽、滴当、火珠等。明清时则演变为正吻、戗兽、仙人、走兽等。这些脊饰反映了屋脊构造节点和造型装饰的统一。脊饰的增多势必加重屋面负荷，如北京故宫太和殿的正吻即重达 4.3 吨，这给建筑结构和施工都增加不少困难。

正吻如此巨大沉重，必须妥善解决它的固定问题。明清做法是以柏木桩穿过扶脊木立于脊桁上，将正吻瓦件的空腔套在柏木桩上，其间填以瓦片、石灰等使之稳固；此外瓦件之间再以铁件钩连。正脊也用柏木桩固定。以上做法基本上也是因袭宋制，不过宋式垒脊用若干层瓪瓦叠成，而明清改用空腔的预制件代之。

《营造法式》卷十三还规定："正脊当沟瓦之下垂铁索，两头各长五尺"，并注明为"以备修整绾系枂架之用"，说明当时还考虑到屋面的检修问题（图 6－4－13）。

民间建筑尤其是南方地区，屋脊做法则式样

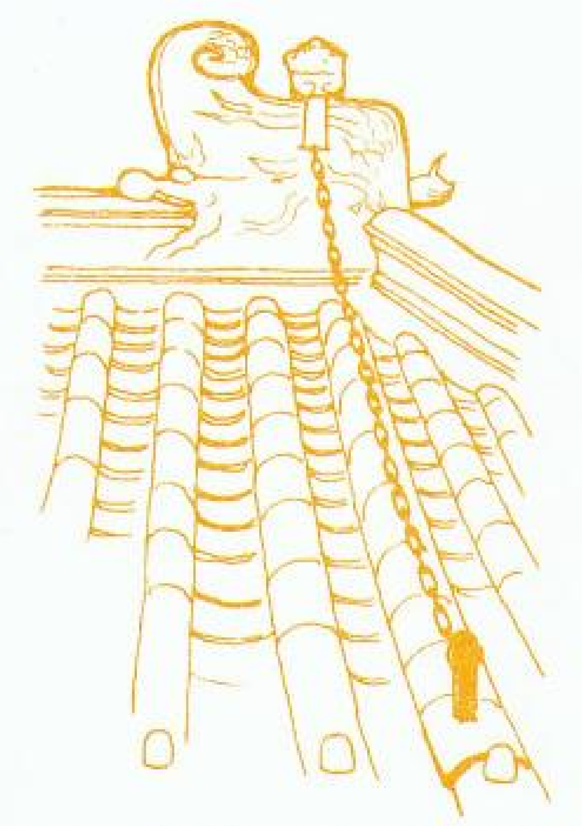


图6-4-13　北京故宫太和殿正吻及吻索

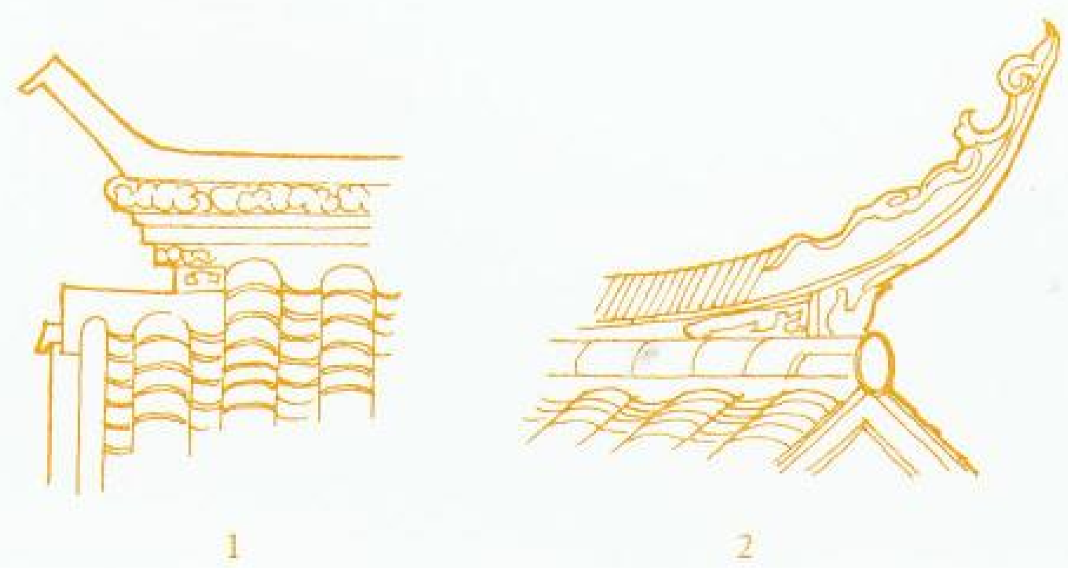


图6-4-14　民间建筑屋脊

1. 北方清水脊；2. 南方片瓦脊

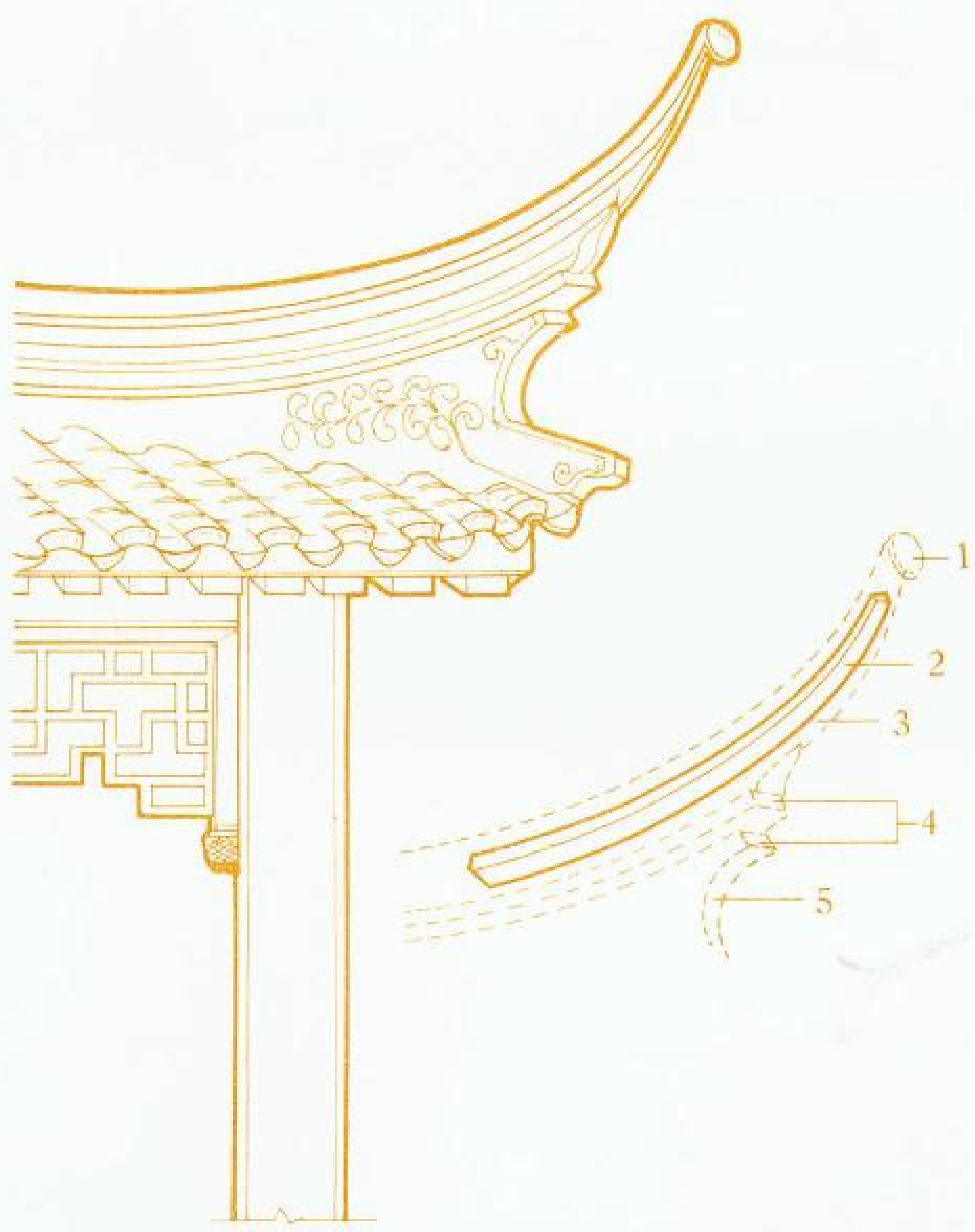


图6-4-15　苏州拙政园水戗发戗

1. 筒瓦当；2. 铁板；3. 灰泥粉；4. 线砖外白灰粉面；5. 砖砌灰泥粉面

多不胜数。最简单的做法是在屋脊位置的瓦垄间扣以板瓦，外面抹灰，形成锯齿状的外轮廓，上面不另垒脊。北方采用较多的做法是用砖垒砌线脚的"清水脊"。南方则多采用小青瓦堆砌并带有各种花饰的"片瓦脊"（图 6－4－14）。

南方地区尤其是福建、广东沿海一带，明清时的脊饰愈趋繁琐华丽，用灰泥、小青瓦、碎瓷片等堆砌了神仙走马、花鸟鱼虫，甚至一出出的戏剧、故事人物等等。这不外是豪绅大贾借以炫耀其富有而已，其内容则往往带有浓厚的封建迷信色彩；但也反映一定的工艺水平（图 6－4－15）。

四　屋面瓦料尺度规格

《营造法式》中根据建筑的不同类型、规模、等级，规定了瓦件的形状、尺寸及铺瓦做法，使瓦件尺寸（特别是吻、脊、火珠、走兽、嫔伽等脊饰的尺度）与整个屋顶体量相称。其中规定了瓪瓦、仰瓪瓦各有六种规格，用于散瓪瓦屋面的瓪瓦有三种规格。关于垒脊、用鸱尾、用兽头等，《营造法式》也分别详细规定了它们的尺寸、类型和数量等。清代琉璃瓦规格分八种等级，比宋代更为细密。每级有规定尺寸，十分严格。除了反映封建社会的严格等级制度外，也体现了瓦件的规格化。例如，清工部《工程做法》规定正吻按柱高2/5或 24 斗口定高，根据尺寸大小，或做成单件，或分别由七、九、十三等块拼装而成。正脊也是由赤脚通脊、大群色、黄道等构件分层、分段装配而成。为了使屋面与屋脊结合熨贴，而制作了适应沟垄形状的正当沟、斜当沟、吻下当沟、托泥当沟等构件。这些瓦件按级配套，施工拼装时各就其位，这就使得造型复杂、类型增多、等级严格的屋面工程的施工大大地简化了。由于瓦件制作和屋面施工明确分工，瓦件制作专业化，因而使瓦件的质量也得以不断提高。这表明我国古代铺瓦工程从材料制造到施工密切配合，已达到高度成熟的水平。

第五节　高层砖结构——砖塔

一　砖塔的发展概况

砖塔，是我国古代建筑技术发展的一个重要标志。砖塔的出现和发展，使我国古代砖结构的技术大为提高。

塔是随佛教传入而出现的，最初发展于三国时期，西晋时洛阳已造寺四十二所，其时已有砖塔。见于杨衒之《洛阳伽兰记》的早期砖塔有：

晋太康寺塔"崇义里内京兆人杜子休宅……时有隐士赵逸，正光初来至京师，见子休宅，叹息曰：此宅中朝时太康寺也。时人未之信，遂问寺之由绪。逸云：龙骧将军王浚平吴之后，始立此寺。本有三层浮图，用砖为之。指子休园中曰：'此是故处'。子休掘而验之，果得砖数万，并有石铭云：'晋太康六年岁次乙巳九月甲戌八日辛巳仪同三司襄阳侯王浚敬造'。……子休遂舍宅为灵应寺，所得之砖，还为三层浮图。"（卷二）

王浚卒于太康六年（285年），即石铭所云造塔的当年。可能是王浚遗命为寺建塔。这虽是砖塔的最早记录，但未必是第一座砖塔。

《洛阳伽兰记》又记有一事："步兵校尉李澄问曰：'太尉府前砖浮图，形制甚古，犹未崩毁，未知早晚造'？逸云：'晋义熙十二年刘裕伐姚泓，军人所作'。"这是公元 416 年所造，时为东晋末年，下距杨衒之作记，不过一百年稍多，已被目为"形制甚古，犹未崩毁"；可以想见，早期砖塔的

发展变化较大。

我们认为杨衒之的记载是可信的。因为，写于东魏武定五年(公元 547 年)的《洛阳伽兰记》，所述的不过是二十年前的北魏正光年间（公元520—524 年）的事，所说的砖塔、石铭，特别是犹未崩毁的“太尉府前砖浮图”，是当时见在而不可能向壁虚构的东西。那么，最早出现砖塔的时间，应该早于太康六年（公元285年）。晋代已有了三层砖塔的砌筑技术，在它之前理应有一个发展过程。

我国古代的塔，一开始，木塔和砖石塔差不多是同时期出现的。只是由于我国固有的木构技术已有较高发展，而砖石地面建筑的水平早期尚较简单、低级，因而早期的塔以木构为主；后来由于砖结构技术的提高，渐渐砖塔取代木塔成为主流。砖塔的发展，显然经历了摸索总结经验、巩固提高的长期过程。

我国早期的塔是受到印度的塔型影响的。印度塔的原型，系由三部分组成，塔基、复钵状的塔身和刹（伞盖），称作窣睹波”(Stu pa)，以山基（Sanchi）大塔为代表。这种塔是圆形平面，实心石构。流传到我国新疆一带时，又出现方形基坛上加圆形穹窿的结构样式方坛中空成内室，穹窿为半球状，也是中空的，上面加有刹杆，作为塔的特别标识。这种塔已不复是原型的“窣睹波”，而成为《魏书释老志》所称的“塔庙”了。与我国砖塔有较多直接关系的，则似应为这种中亚土坯构造的方坛穹窿顶式结构，这应是“精舍”(塔庙)，它与作为坟墓起源的“窣睹波”用意不同。我国的塔，实际一开始就比较接近“精舍”的概念，如《洛阳伽兰记》卷四“白马寺”条中记载说：“明帝崩（永平十八年，公元 75 年)，起只洹于陵上，自此以后，百姓冢上或作浮图焉”。这里，“只洹”与“浮图”为同义语，只洹为佛精舍名。明帝陵上浮图，是我国佛教建筑的开始。中国早期塔（无论木或砖石）接近“精舍”型，而不近于“窣睹波”型，这对理解中国系统佛塔与印度系统佛塔的区别是很重要的。

我国早期砖石塔，见于石窟浮雕和壁画中的很多，一般形式为：方形塔身，中辟龛室（图 6－5－1），上为半球状复钵，再立木质刹杆，用铁练系引向四檐角。后来，底层（方室）由单层而多层，半球状复钵的体量逐渐缩小，成为方锥形屋顶上端的结束部分，最后仅成为刹的一个组成部分——露盘下的复钵了。木刹杆也逐渐为数层叠加的石刻莲花和宝珠所代替，此时，复钵则成为饰有山花蕉叶的一段石刻了。敦煌云岗等石窟所见，这种形式大约发展于四、五世纪，现存的我国塔系的最早砖石塔实例，例如建于隋大业七年(公元 611 年)的山东济南神通寺四门塔，西安慈恩寺塔（原为十级，后改七级，建于公元 701 —705 年)，均属于这种方锥顶的单层或多层砖塔（图 6－5－2）。

我国砖塔的结构薄弱部位，一是檐部容易剥落残缺；二是门窗洞造成的墙体断面削弱，容易断裂而倾倒。由于结构技术缺乏经验或地震等而导致的自然崩毁，当然是早期砖塔很少保存下来

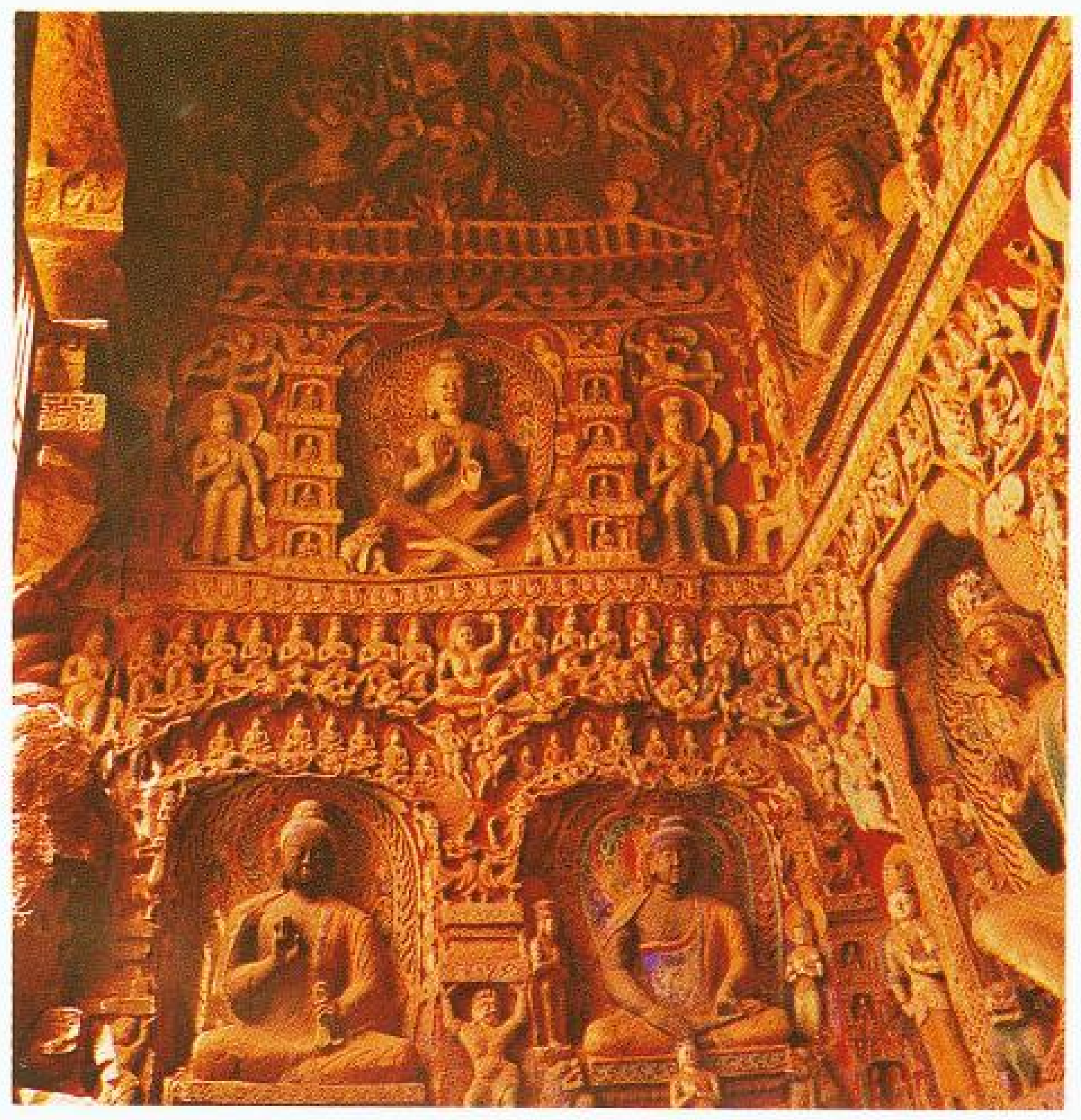


图6-5-1　大同云冈石窟第六窟后室中心塔柱

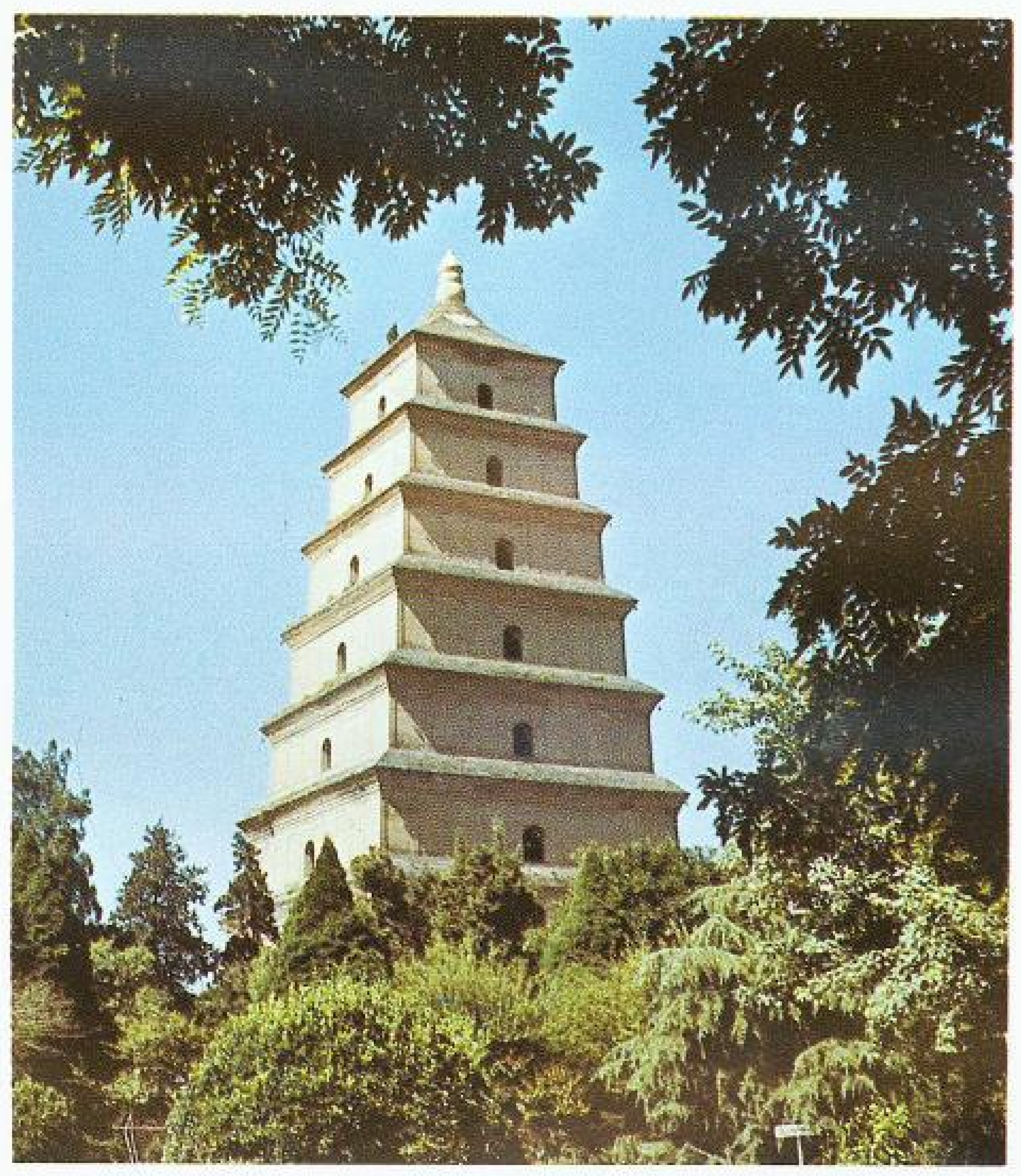


图6-5-2　西安慈恩寺大雁塔

的一个重要原因，但还不是全部原因。还有社会—政治的原因。由于皇室与宗教势力之间的矛盾而引起的灭法事件，如北魏太武帝（拓跋焘）太平真君七年（公元 446 年）下令毁佛，声势迅猛，“土木宫塔，声教所及，莫不毕毁矣”。[50]当时北魏政权到达范围，已及于包括洛阳在内的华北广大地区。这样，幸存的早期砖塔就很少了。北魏末年在洛阳所造的一些砖塔，经过秀容部落尔朱氏的入据和高欢宇文泰的战争，随整个洛阳的毁坏而泯灭。其后在六世纪末，还有统一了中国北方的北周政权的毁佛运动。因此，隋以前时期的砖石塔很少保存，迄今幸存的只有河南登封嵩嶽寺塔。

我们看到：西晋的太康寺塔，已达三层，北魏献文帝（拓跋弘）天安二年（公元 476 年）在平城建有七级砖浮图；孝明帝神龟元年（公元518年）在嵩山地区造了七层砖塔。庾信登云居寺塔一诗云：“重峦千仞塔，危登九层台”，诗中所描述的是九层砖石塔。其时，当为庾信入北周后所作，在梁简文帝大宝元年（公元 550 年）以后。

从三世纪到六世纪中，砖塔由单层发展到三层、七层、九层，这不能不说是技术上大步前进的结果。它们虽已无存，但按现存的七世纪早期砖石塔的高度来估计，可以达到几十米。除了砌筑砖石本身的技术经验而外，还必须有相应的高空施工的技术（包括脚手架，垂直起重运输工具的配合）和测量技术。因此说，砖塔的发展，是我国古代建筑技术的一个重要标志。

早期砖石塔，以方形平面为主。我们看到，建于北魏正光元年（公元 520 年）的嵩岳寺塔则是正十二边形平面，外形为卷杀收分的密檐塔型（图 6－5－3)，似乎有点突如其来。这一现象，不能不加以分析。

在中印度菩陀伽耶大塔附近的古姆拉合尔遗址，曾发现三世纪时的有高塔型“精舍”浮雕的泥板。它所表现的“精舍”特征，正是一座密檐式塔。这种“精舍”有一个较高的底层，有内室供祀偶像；其上，高耸着叠涩石块构成的密檐顶部。这种形式，源于婆罗门教的“天祠”，南印度称之为Vimana。在唐玄奘《大唐西域记》中，是明确地区分了“窣睹波”和“精舍”二者的。

嵩嶽寺塔很可能受到上述“天祠”型“精舍”的影响，在外观造型上非常相似。但是，它仍然产生于我国砖技术的基础之上：它的砖构方法，出檐用砖叠涩，细部仍然是中国式的；它的第二层塔身除了四个正向外，其余八面，采用了早期中国砖塔形式（方塔身上加半球复钵顶）作为佛龛的外形，这就表明，嵩嶽寺塔系统，对后世影响不小，持续时间甚长，由南北朝以迄于明清；分

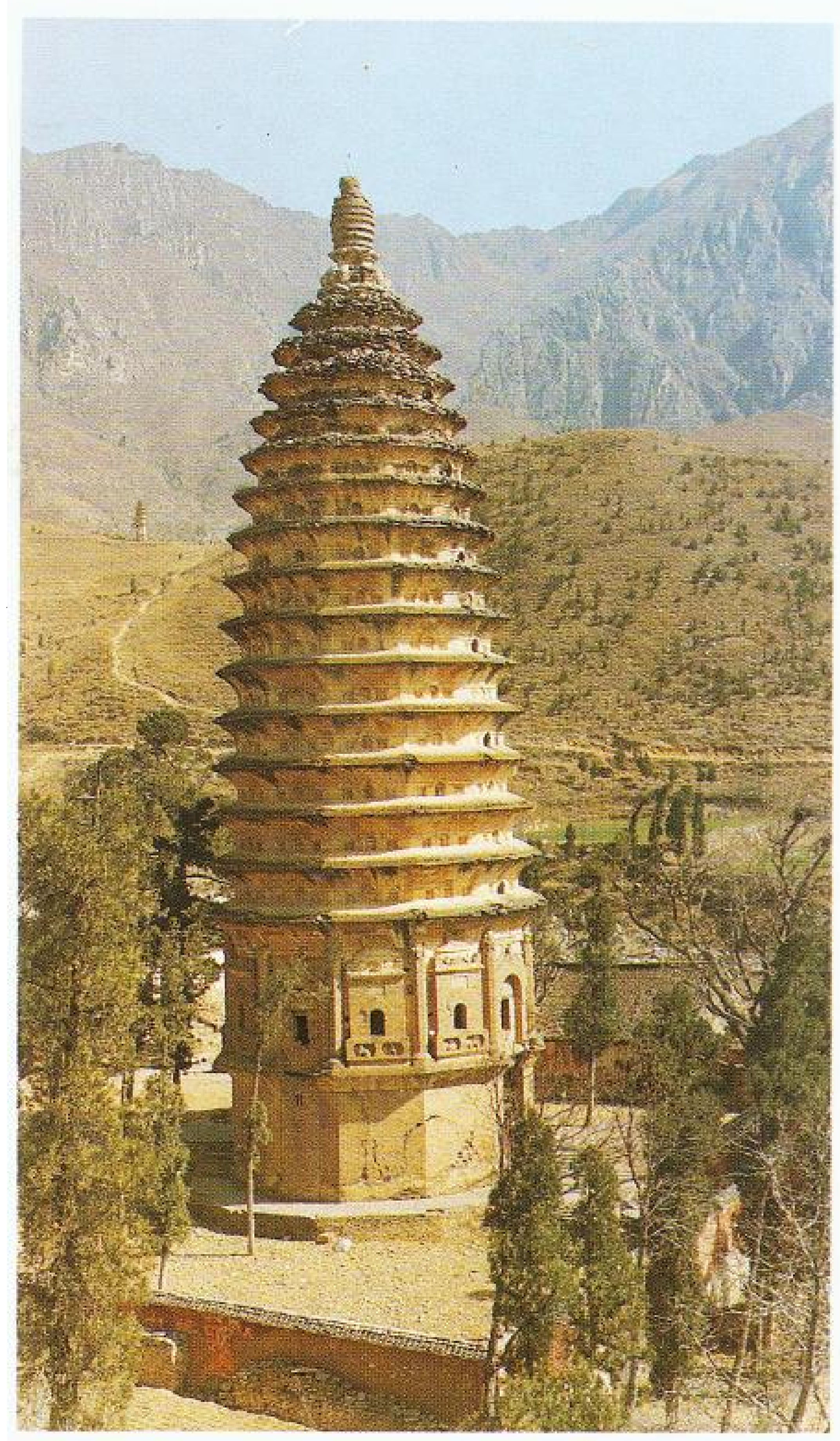
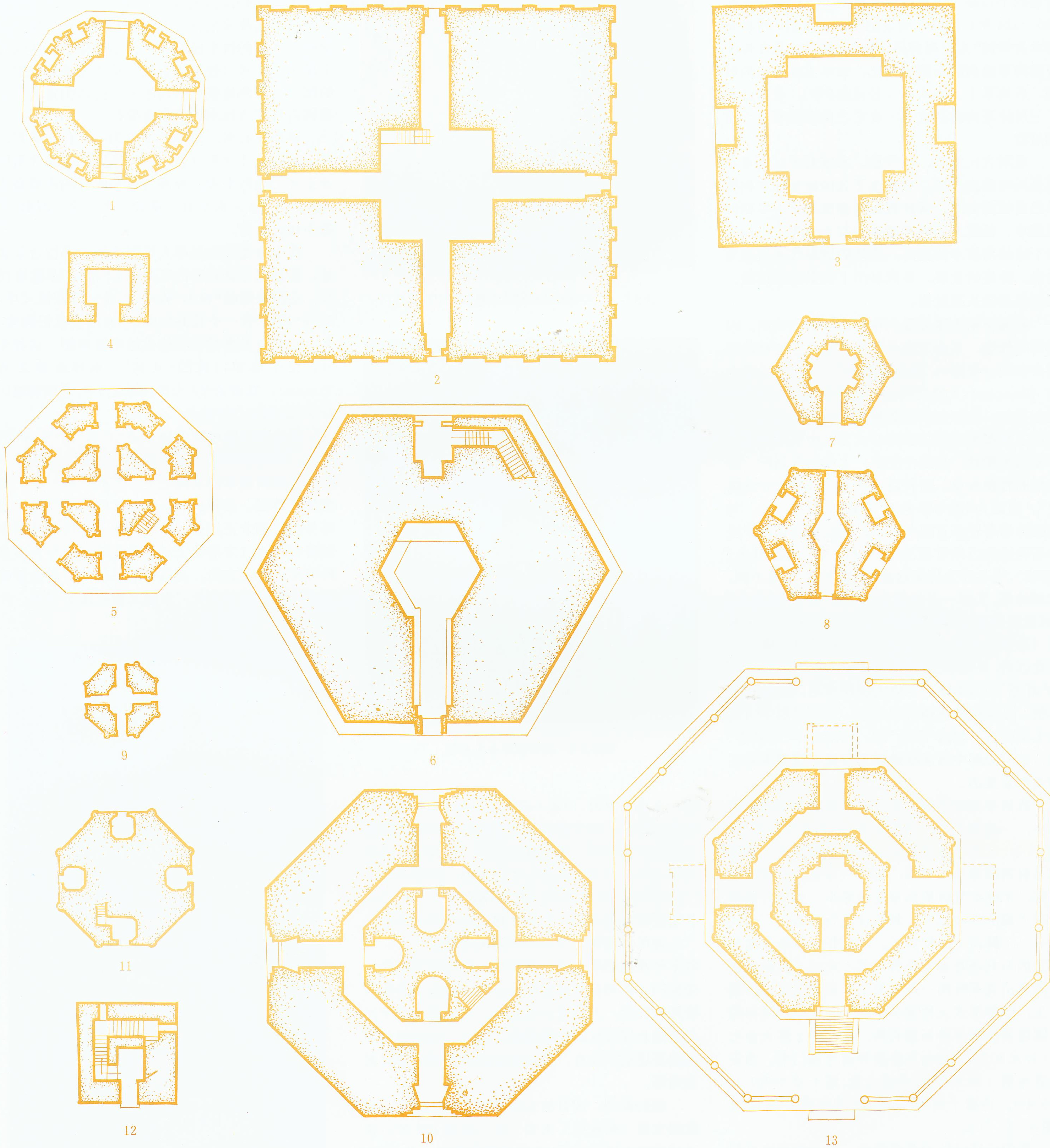


图6-5-3　河南登封嵩嶽寺塔


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13

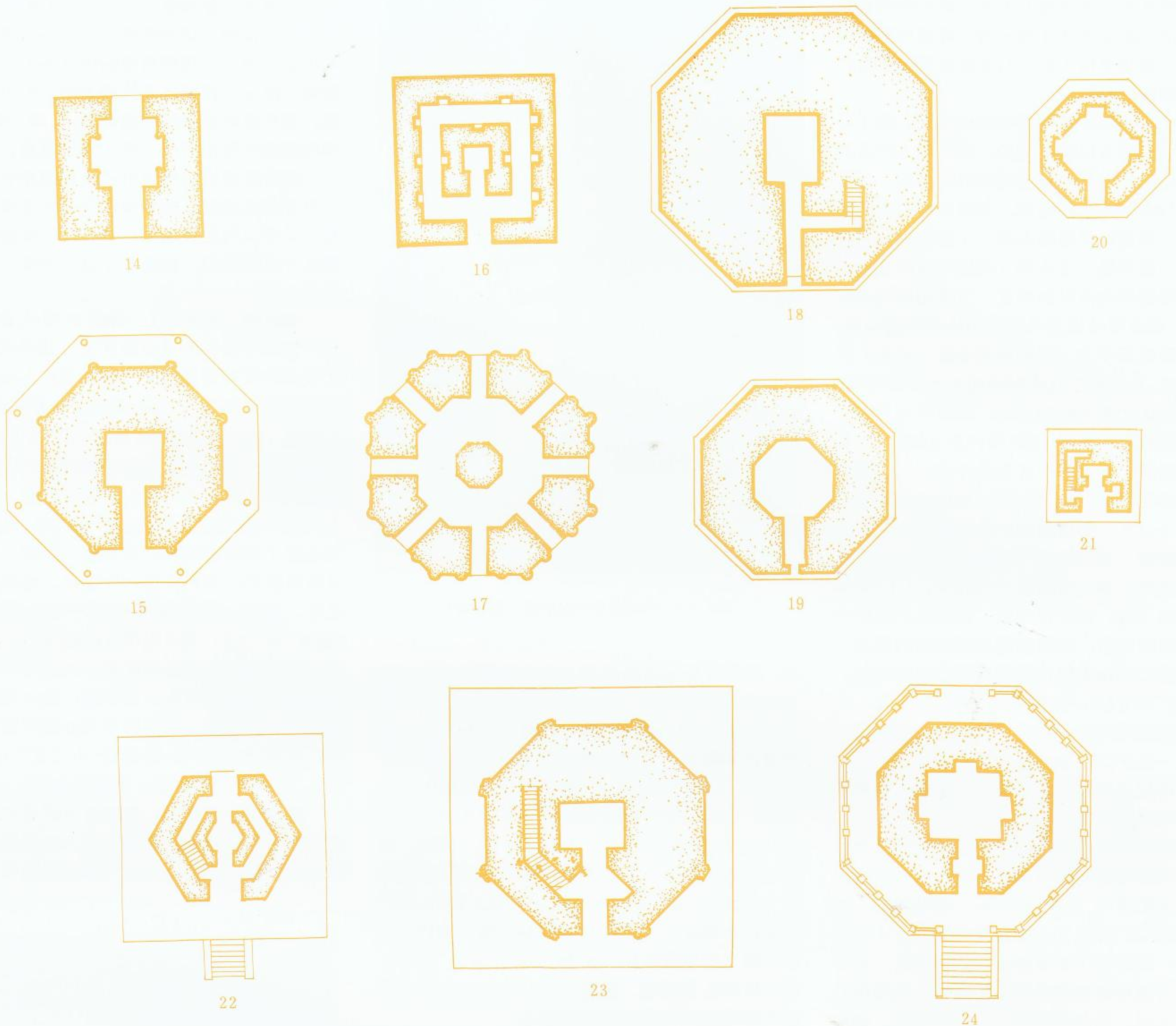


图6-5-4 砖塔平面比较

（1）河南登封县嵩嶽寺塔（北魏）；（2）西安慈恩寺大雁塔（唐）；（3）西安荐福寺小雁塔（唐）；（4）甘肃宁县政平砖塔；（5）苏州云岩寺塔（五代）；（6）河南开封繁塔（宋）；（7）江西九江能仁寺大胜塔（宋）；（8）浙江天台国清寺塔（宋）；（9）苏州上方山楞枷寺塔（宋）；（10）河北定县开元寺塔（宋）；（11）河南开封祐国寺塔（北宋）；（12）四川旧州坝白塔（宋）；（13）苏州报恩寺塔（南宋）；（14）四川彭县红岩白塔（宋）；（15）浙江海宁占鳌塔（宋）；（16）河南沁阳天宁寺三圣塔；（17）浙江湖州飞英塔（宋）；（18）山西汾阳建昌文峰塔（明）；（19）甘肃平凉砖塔（明）；（20）山西平定天宁寺西塔（明）；（21）四川仁寿县方塔（清）；（22）四川灌县宏光塔（清）；（23）四川内江文光塔（清）；（24）山西永济县万固寺塔（明）

布范围甚广，遍及于河南、河北、山东、山西、陕西、四川、云南、内蒙古、辽宁等地区，在我国古代砖塔中占有相当大的比重。嵩嶽寺塔在施工技术上，也有新的创造，因为正十二边形塔的施工精确度很大程度上要依赖几何学（十二等分一个圆周）和测量标定技术的高度水平。

按照佛教教义和印度型塔的构造，并没有登塔的要求；我国塔则不然，这是我国塔系的又一大特点。何时开始已无从考查。以文献而言，《魏书・崔光传》所述神龟二年（公元 519 年），“灵太后幸永宁寺，躬登九层浮图”，是登木塔最早的记录；砖石塔则见前述庾信登云居寺塔事，为公元 550 年。

塔自可登之后，遂产生对塔的结构、梯级、走道、门窗开口方式等一系列改进的要求。我们可以看出，这些要求对塔的平面形式（图 6－5－4）和结构方式的演变有很大影响。例如：

视野：早期砖塔壁厚，门窗开口狭小；方形平面，只能有四个方位，视野受到限制。于是，砖塔后来出现八角形平面，可以增加四个方位的视野。后来八角形平面取代方形平面成为主流，固然有结构方面的原因，而视野的优越，不能不认为也是理由之一。其次，又出现用木料或石料悬臂梁，挑出塔身，或者，用砖叠涩出跳的办法来构成塔身外走廊（平坐），使登塔者可以出塔身外绕塔行走，进一步解决了视野的问题。

坚固和防火：木塔门窗开口大，可用外伸的

平座，走出塔身之外，对于眺望的优点是显而易见的。但是木塔很不耐久，尤其怕火，我国古代许多高大的木塔，多数毁于火灾。砖石塔的逐渐占主要地位，耐火是其重要原因。砖塔内部的楼层和梯级，最初也用木料，后来逐步用砖石材料构成楼层和梯级取代。

我国古代砖塔砖构楼层的结构方式，除了拱券结构以外，常采用叠涩结构，其原因大约是施工便利。叠涩结构主要利用砖的抗剪强度，每皮叠出尺寸与砖厚尺寸的比例，须限制在刚性角的范围之内，须有很多出跳皮数，才能达到某一出跳长度，一般来说，是不利于跨越较大跨度的。为了减缩叠涩结构楼层的跨度，于是出现塔心柱或塔心室，使楼层分隔为小面积的内廊和塔心室，每一部分跨度都不大。这种有塔心柱（或室）及内廊的砖塔，大约始于五代时期如苏州云岩寺塔。

用砖梯级代替木梯的方式，大致分为四种：（1）梯级安排在外壁内，称“壁内折上结构”，例如开封繁塔的第一层和松江西林寺塔；（2）在塔心柱内设梯级，称“穿心结构”，如定县开元寺塔（料敌塔）；（3）梯级盘绕中心柱螺旋而上，没有内廊和楼层，可以称为“旋梯结构”，如开封祐国寺塔（铁塔）和宁波阿育王寺西塔；（4）阶梯穿外壁而达上层、塔身外平座，例如九江能仁寺塔。以上四类梯级，实际都是在砖砌体内留出一个通道，通道的顶部仍用拱券或叠涩结构跨复。“旋梯结构”的方法，也见于广州怀圣寺光塔，这种伊斯兰教建筑的塔，也是一种砖砌高层建筑。在新疆的一些伊斯兰教寺院内很多。

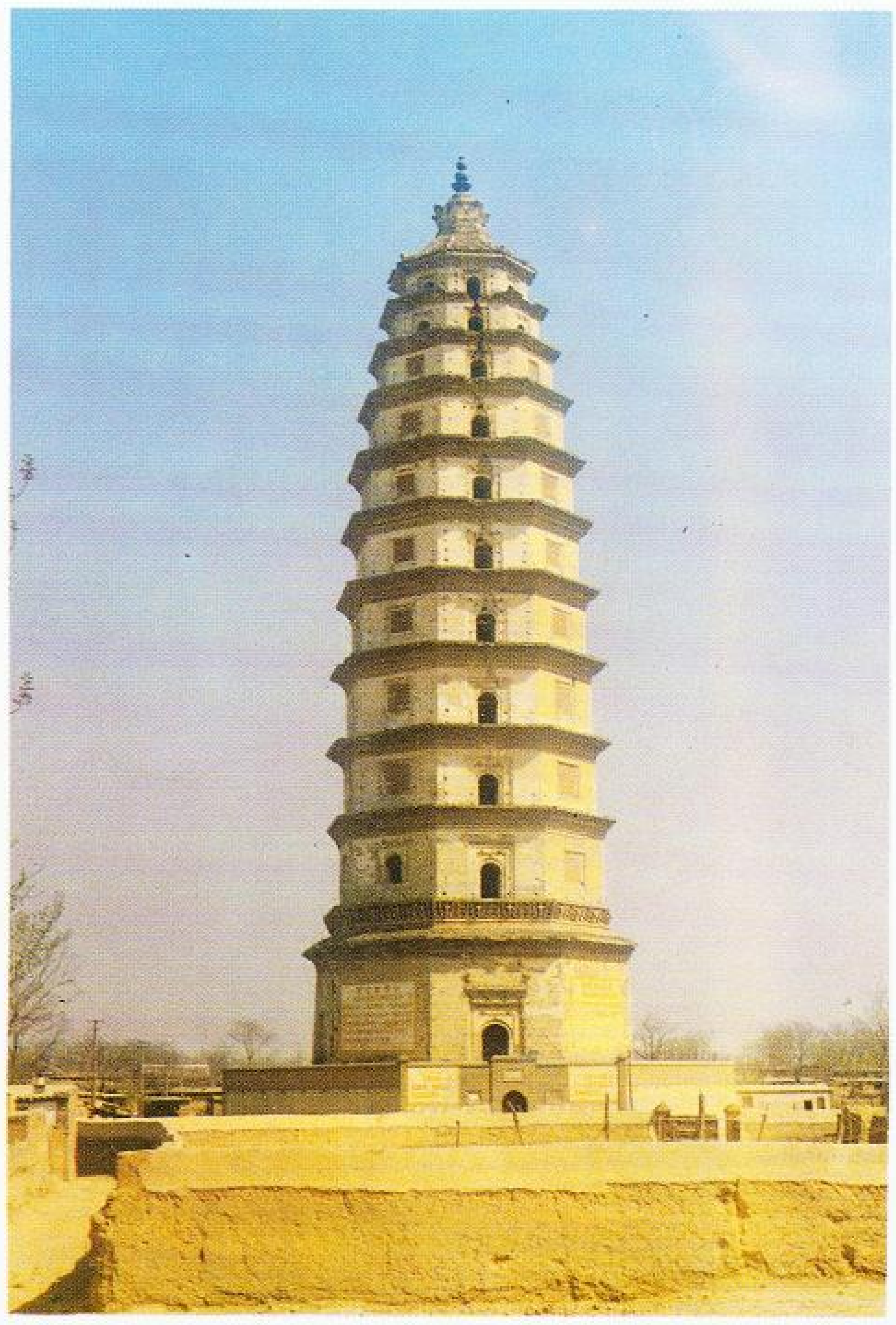
以上楼层和梯级的种种演变，也是围绕登塔这一基本要求而发展的。

从现存实物资料看，我们可以把到初唐为止的一段作为砖塔发展的早期，它的代表是西安慈恩寺塔（大雁塔）。五代末北宋、南宋时期，则是砖塔的盛期，出现了一批高度在七、八十米以上的大塔，结构布置新意层出，造型优美，技术精湛，可以说是砖塔技术发展的高峰。在现存砖塔的数量上说，也占主要地位。南宋而后，则属晚期。明代虽属晚期，仍大量新建一些特殊大塔。从结构技术方面看，明塔继宋之后又有新的发展，塔的高大远远超出宋代。现存最高的砖塔，是河北定县开元寺塔（图6-5-5）（料敌塔），高84米，建成于北宋皇祐四年（1052年）；而我国古代最壮丽的砖塔，则是已毁的南京报恩寺塔。

南京报恩寺塔建于明初永乐十年至宣德六年间（1412—1431年），塔高（自底至刹尖）三十二丈四尺九寸四分（据清嘉庆七年“江南报恩寺琉璃宝塔全图”所记），按明营造尺（合0.314米）计算已达102米。按塔身与塔刹的比例，砖砌体高度约达90米以上。塔身八角、九级，全塔用多种彩色琉璃砖砌面，图案花纹生动美丽，在阳光下光彩闪耀，是世界罕有的伟大建筑作品，已毁于十九世纪五十年代。

以上是砖塔发展的主要梗概。此外，还有一些其他类型的塔。

砖木混合式塔：除了砖塔用木楼层和木梯级的砖木混合结构（这种塔数量上很多）的情况以外，还有在砖塔身外又加上木构屋檐和平坐（二者俱备或仅有其一）的砖木混合式塔；本节下面所分析的“砖木混合式”塔，专指后一种情况。这种塔出现很早，云岗石窟中的浮雕形象虽不能十分确定，但敦煌石窟302窟（隋代）壁画中已经可见。由砖壁上外伸木挑梁构成平台走道的结构物，则更早可以从麦积山石窟127窟（西魏）的窟顶壁画中看到。实物遗存，则最早为杭州雷峰塔（已毁于1925年）建于五代末期。其后，这种塔盛行于浙江、江苏以及安徽和江西、湖北沿长江一带（广东的珠江三角洲也有一些），成为江南地区的主要塔型，数量不少。估计它和江南地区木构高层建筑传统的影响有关。


图6-5-5 河北定县开元寺塔（料敌塔）

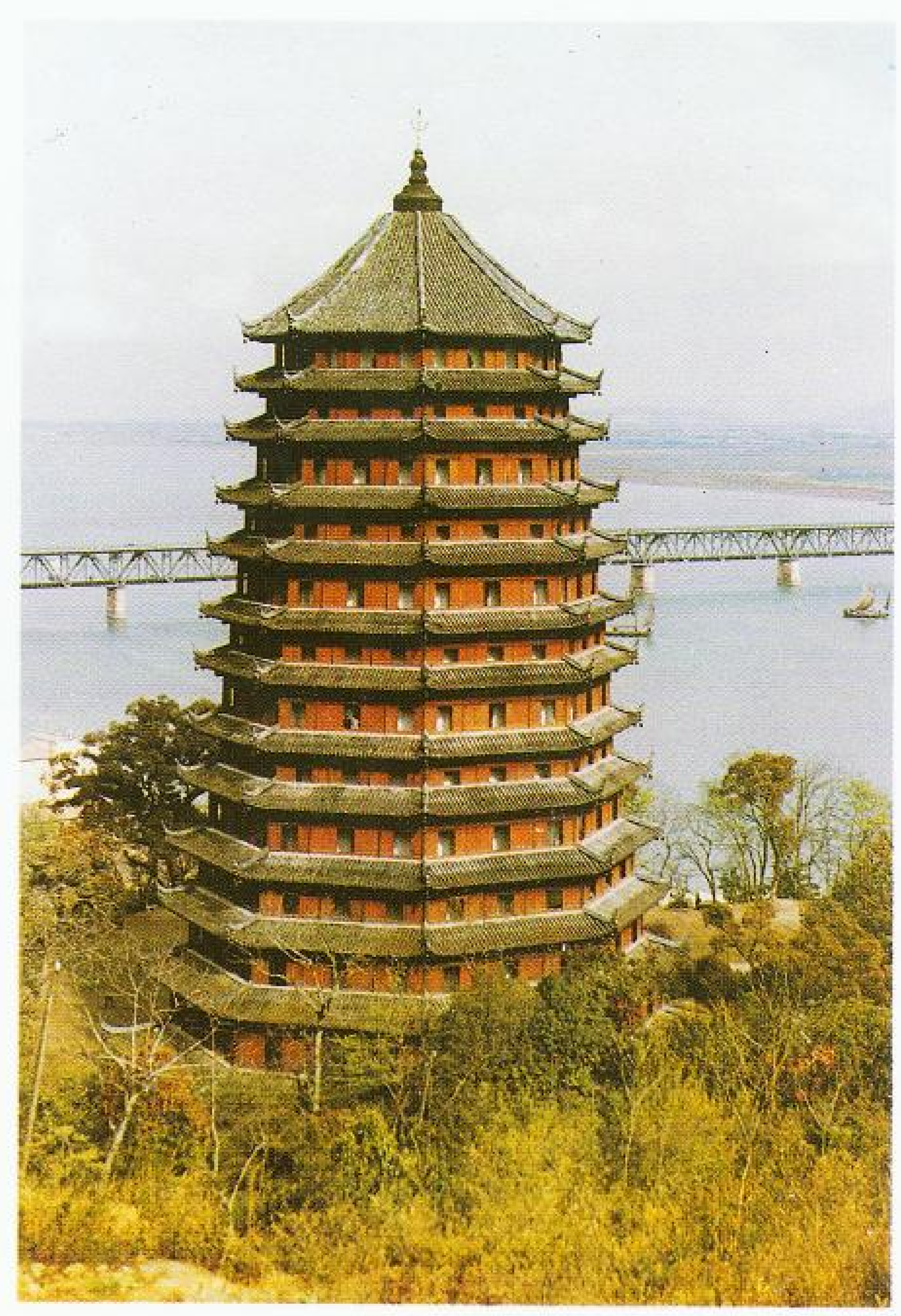
从历史上看，南北朝时期，南朝纯为木塔，受到南朝影响的百济以及间接影响的日本，也主要是木塔而不发展砖石塔。五代末，江南著名木工喻皓，则是木塔专家，主持建成东京（开封）开宝寺塔；无疑他是在有深厚木塔技术传统的环境中锻炼培养出来的。处于江南的砖塔，既具有砖结构的优点，又力求在外型上接近木塔，保持木塔翼角轻盈、轩槛入云的轮廓特色和木塔有敞开的外廊走道，便于眺望的优点，于是，形成了砖木混合式塔的系统。这类塔当以杭州六和塔、苏州报恩寺塔和瑞光寺塔、广州六榕寺塔为代表，但它们均经后世重修，其原状均有不同程度的改动（图6-5-6）。

辽塔：与北宋同时的契丹族的辽，建造了一些楼阁型多层砖塔。这类砖塔有的可登（如河北涿县云居寺塔和智度寺塔），有的则为实心，不可登（如辽宁巴林左旗白塔子白塔）。此外，又建造了大量的密檐塔。这种密檐塔大多数是实心的不能登临，却注重外表的雕饰。它的塔身布满佛像、仿木构的斗拱、屋檐、门扇窗棂、平坐、栏干等等，全由特制的砖石件构成。表面往往刷白，在晴空中非常醒目，在平原旷野上，起着鲜明的标识作用。这种砖塔，在结构上没有什么重大创造，但是，在使用预制砖块的制坯、烧造、拼装，组成完整的外观处理方面，则有很高的成就。这些塔的表层砖件类型复杂，砌工细致准确，和内部砌体紧密结合，施工水平很高。

契丹族发展这种塔的社会原因还有待探讨，它们分布于当时辽的疆域即今河北北部、山西北部、辽宁、内蒙古东部一带。继辽而据有我国北部的女真族金朝，也继承了这一传统，建造了若干实心塔。

藏式塔（喇嘛塔）：藏族自唐代信奉佛教以后，建立了自成体系的藏式塔。这种塔型直接接受早期印度塔的原型，和藏族地区与尼泊尔（释迦牟尼诞生地）、印度接壤有关。藏式塔后来相当定型，依循所谓《尺寸经》，有一定比例制度。元世祖时，著名的尼泊尔匠师阿尼哥把这种塔样带到大都，建造了有名的妙应寺白塔（图6-5-7），迄今巍然屹立在北京阜成门内。以后明清时期也建了不少藏式塔。除西藏、青海、内蒙古地区较集中外，其他各地，如北京、山西、河北、辽宁、湖北、江苏等地也有一些，但为数不多（图6-5-8）。其中明代在山西五台山所建塔院寺大塔与妙应寺塔堪为比肩。此类塔不可登，但有的塔身有龛室可入，如西藏江孜八角塔。藏式塔用砖、石砌成，塔身亦非实心而中空，植立刹杆，伸出塔身部分包砌成“十三天”（圆锥形塔颈），刹顶有金属伞盖，用镏金构件。

砖塔的社会作用。砖塔曾经耗费大量财富，而且作为宗教建筑，起着麻痹人民的消极作用。然而，中国的塔，不仅出于宗教的要求，也和世


图6-5-6 杭州六和塔

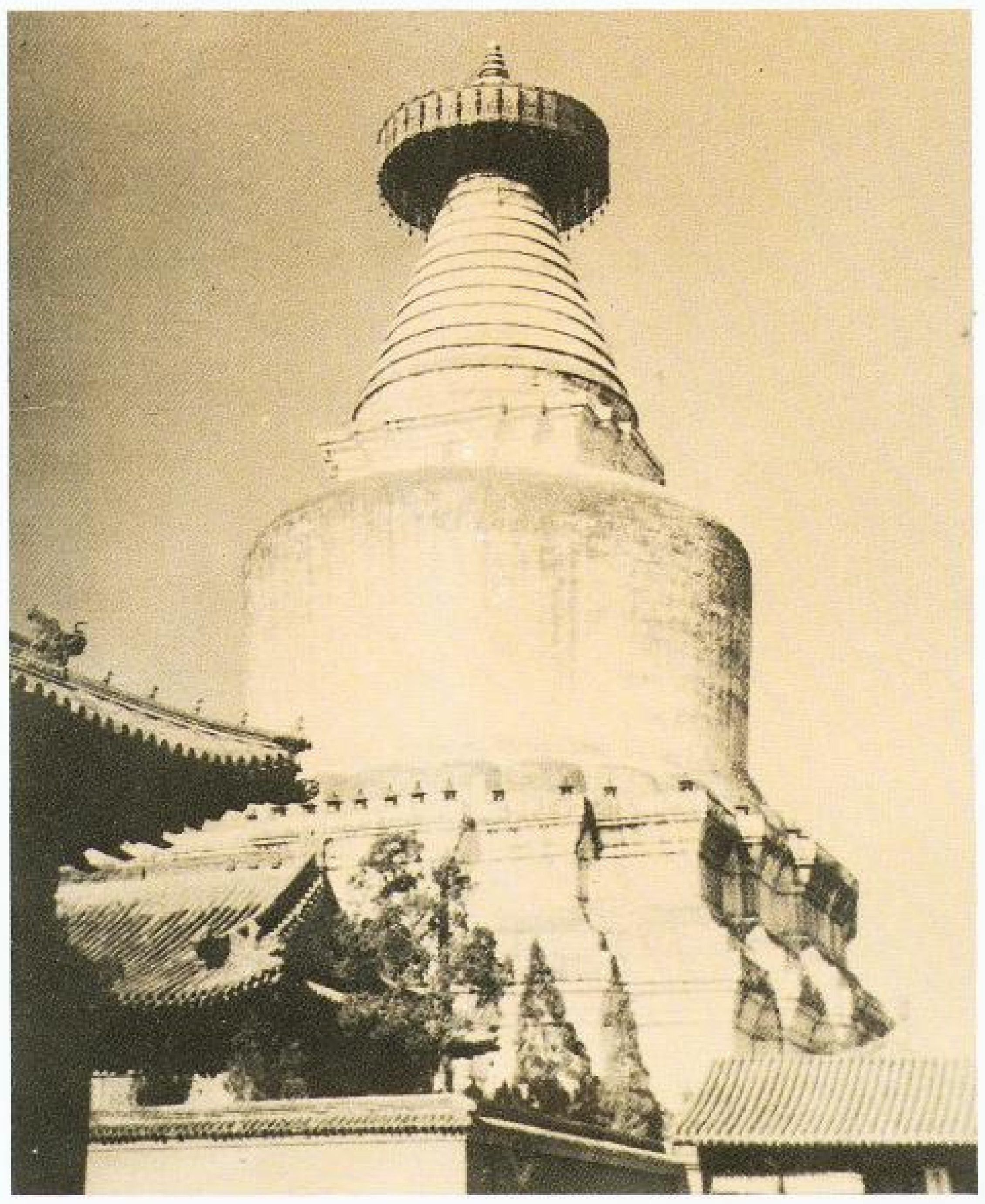


图6-5-7 北京妙应寺白塔

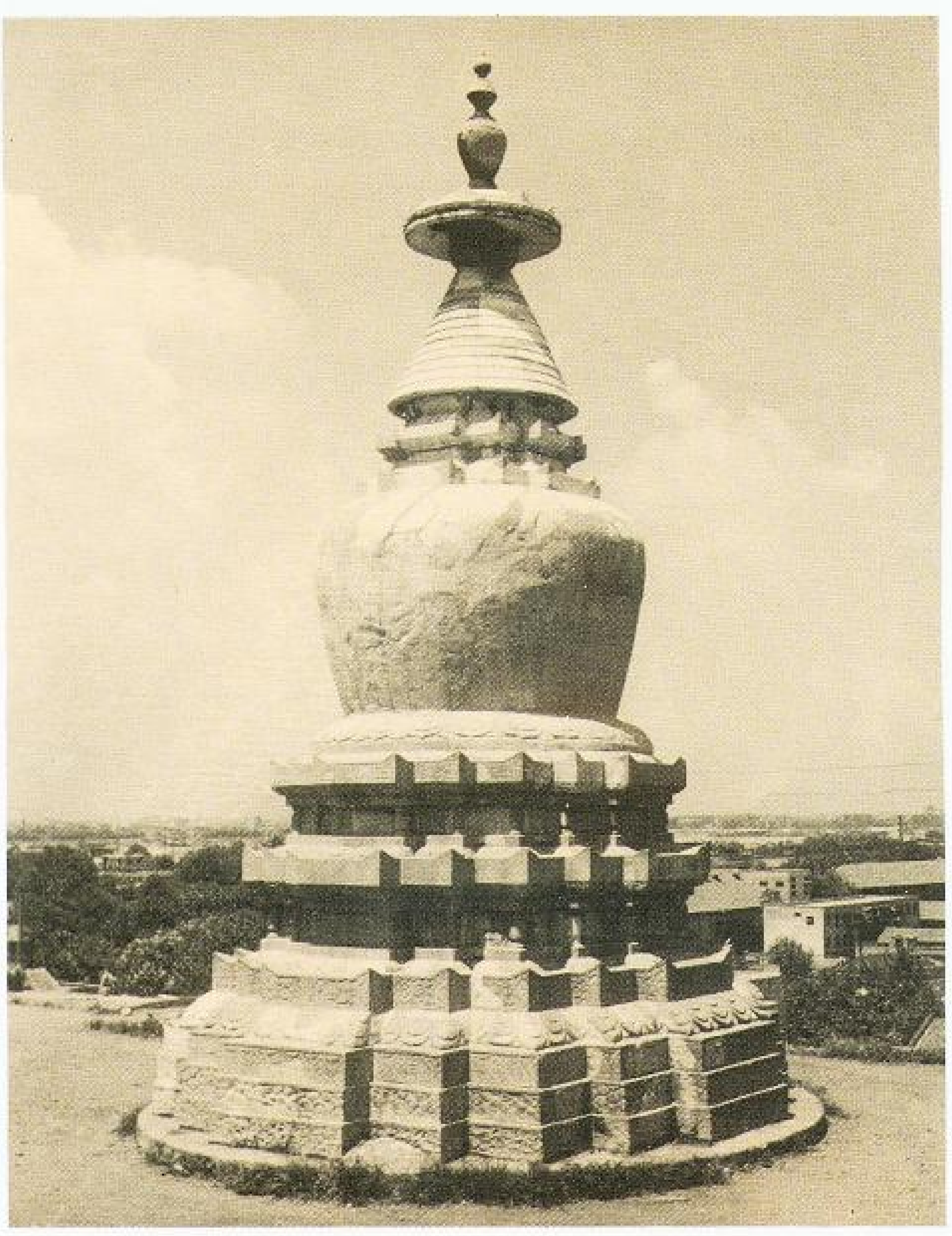


图6-5-8 武昌胜像宝塔

俗生活密切联系。前面说到的登高眺览，是一种表现。它还起着其他一些作用。例如：

利用塔作为军事观察，如定县开元寺塔名符其实是“料敌塔”，它屹立于宋辽边境、宋重镇定州城北。穿出塔顶，辽阔的华北平原极目无垠。此塔前后修了五十一年，倡修的就是北宋定州的历届军事长官。

航海灯塔，如杭州六和塔，“海船夜泊者，以塔灯为指南”；海盐资圣寺塔，“层层用四方灯点照，东海行舟者皆望此以为标的焉”，“净土寺有塔，燃灯至晓不灭，江海道途之人，望以为号”等等。

作为城市、码头、驿站的标志。如青浦福田寺塔，“建塔标灯，以为往来之望”。苏州盘门旁的瑞光塔，运河口旁虎丘山上的云岩寺塔，镇江运河入江口金山上的塔，泉州港附近石构的万寿塔（姑嫂塔）等等。

作为风景区的景物。如杭州西湖边的雷峰塔、保俶塔，北京颐和园侧玉泉山上的琉璃塔，扬州瘦西湖的白塔，太湖之滨苏州上方山的楞伽塔等等。

此外，还有许多地方建有风水塔、文峰塔、文笔塔之类，则与佛教无关而是出于风水迷信的要求（图 6－5－9）。

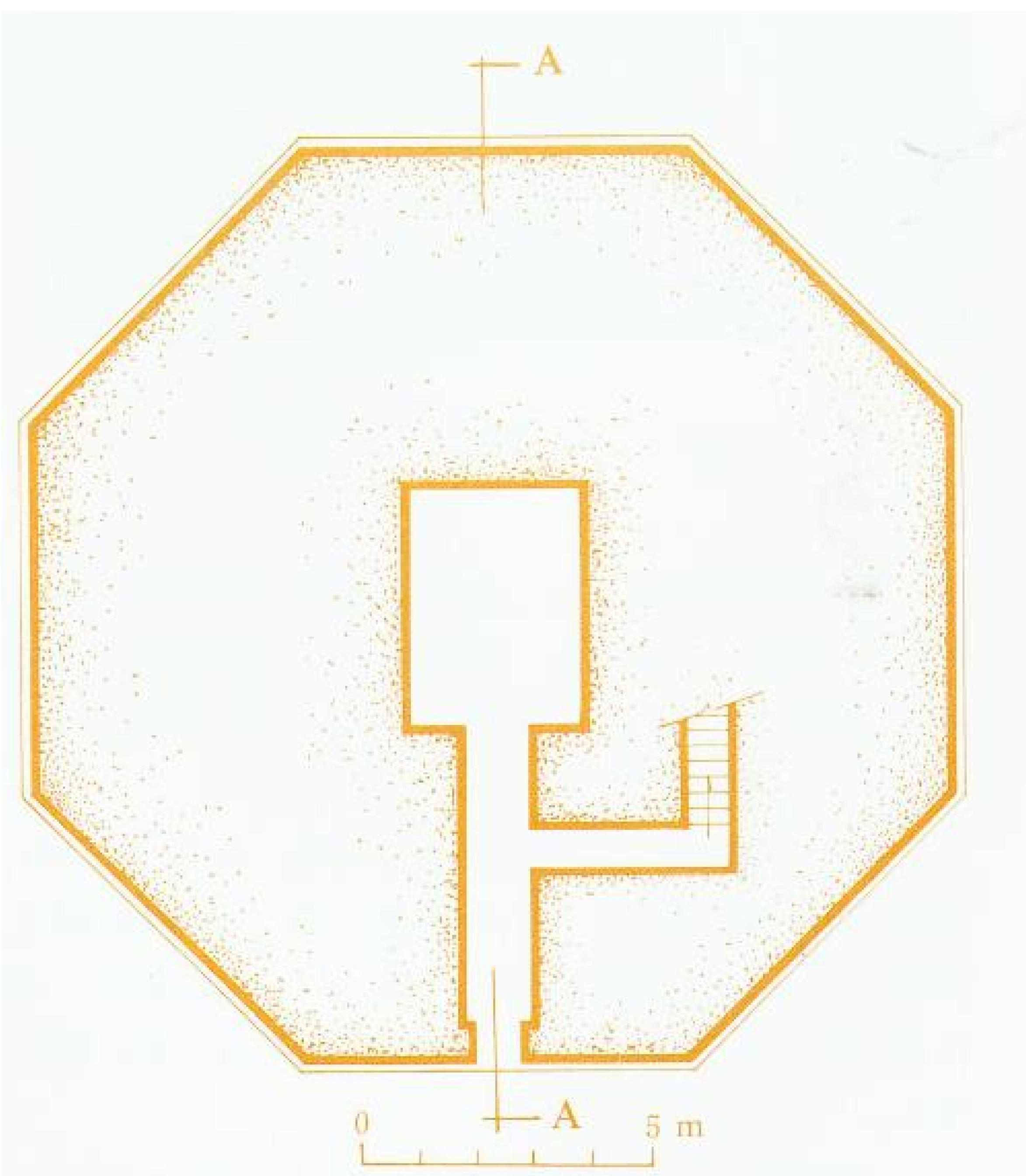
塔离开原来纯粹宗教意义而成为世俗生活中的事物，大概是在唐代开始的。亚洲其他许多信仰佛教国家的佛塔，没有这种世俗特色。作为宗教而言，佛教的盛期是两晋、南北朝、唐初一段时期。盛唐以后，开始了佛教世俗化的演变。宋代以后，佛教的地位日益衰落，但建塔之举层出不替，维修旧塔延绵不断。修塔资金来源不象早期出于皇室贵族而主要来自民间，和塔的性质由纯粹宗教信仰与世俗生活成分增加的变化密切相关，这是我们在研究中国砖塔的演变时所应予以注意的。

二 空筒结构砖塔

空筒结构砖塔，全塔用砖砌成很厚的壁体，中心形成一个空筒，故称之为“空筒结构”。

现存空筒结构的砖塔，最早是河南嵩山嵩岳寺塔。平面外部十二角，内部八角，塔底总宽 20 米，总高 41 米。外壁全用砖砌，壁体厚达5米，中心构成一个空筒，以木楼板分成各层塔室，外部为十五层密檐。早在公元六世纪初，就建造了象嵩岳寺塔那么高的空筒结构砖塔，表明我国砖石结构高层建筑的技术成就。

唐代中外交通发达，佛教文化大量传入，统治阶级极力提倡佛教，砖塔的建造数量大增。这时期建造的砖塔主要都采用“空筒结构”，成为唐



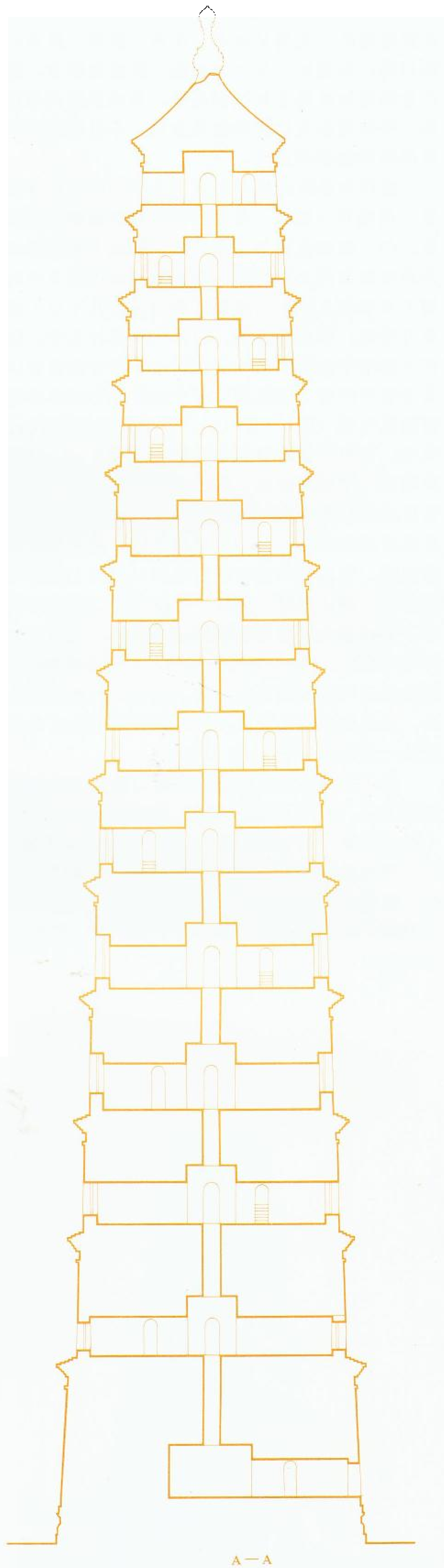


图6-5-9 山西汾阳建昌文峰塔平面、剖面图

代砖塔特征之一。唐代空筒结构砖塔现存的实例很多（详见下表）。它们分布在唐代政治经济文化繁荣地区，主要是河南、山西、陕西、陇东、四川等广大地区，其中以河南、陕西省最多。唐代空筒结构砖塔发展达到高峰，影响到宋代以后的一些砖塔亦采用此种结构方式，不过没有唐代砖塔那样雄壮和高大。

唐代空筒结构塔平面采取方形，四边尺寸相等，前端开一塔门，各层开窗或在壁面做壁龛供佛。门、窗和壁龛都采用券顶，因此方塔券洞成为唐塔形制的又一特征。据目前所知仅仅个别的例子平面做八角形。唐塔实物百分之九十以上都是方形的。在外观方面，总体一般简朴无华，仅在个别塔中仿照木结构做法砌出一些外檐装修以及平坐栏杆等，如陕西西安市的香积寺塔作外檐梁枋及斗栱（图 6 - 5 -10），平坐用砖雕出纹样线条。甘肃宁县唐塔也与之相仿（图 6 - 5 -11）。唐塔第一层塔身特高，往上层层逐渐缩小，塔身宽度亦逐渐变窄，这样使塔身整体出现曲线轮廓。凡各层塔檐都砌一至三层菱角牙子，再上用砖叠涩出檐。有的塔在整个塔身或第二层以上的塔身还分间，砌出壁柱、角柱、梁枋以及简单的斗拱等，如西安大雁塔各层壁面分为九间、七间、五间等，塔顶，一般都用叠砖封顶，上部安装塔刹，遗物以采用金属或石刹为多。还有一种塔做密檐式，各层檐子均为叠涩式样，例如嵩山法王寺塔就是一个例证（图 6 - 5 -12）。

唐代空筒式塔内部结构主要以厚壁来承担上部的重量，由壁体传达至基础。外观有两种式样，一种是密檐，与内部楼层不一致，叫做密檐式塔；另一种外观的层数与塔室层数一致，叫做楼阁式塔。登塔采用木楼梯，沿塔内壁面折上。登塔的目的除了眺望景物外，还有为了要点燃灯龛里的灯火之用。

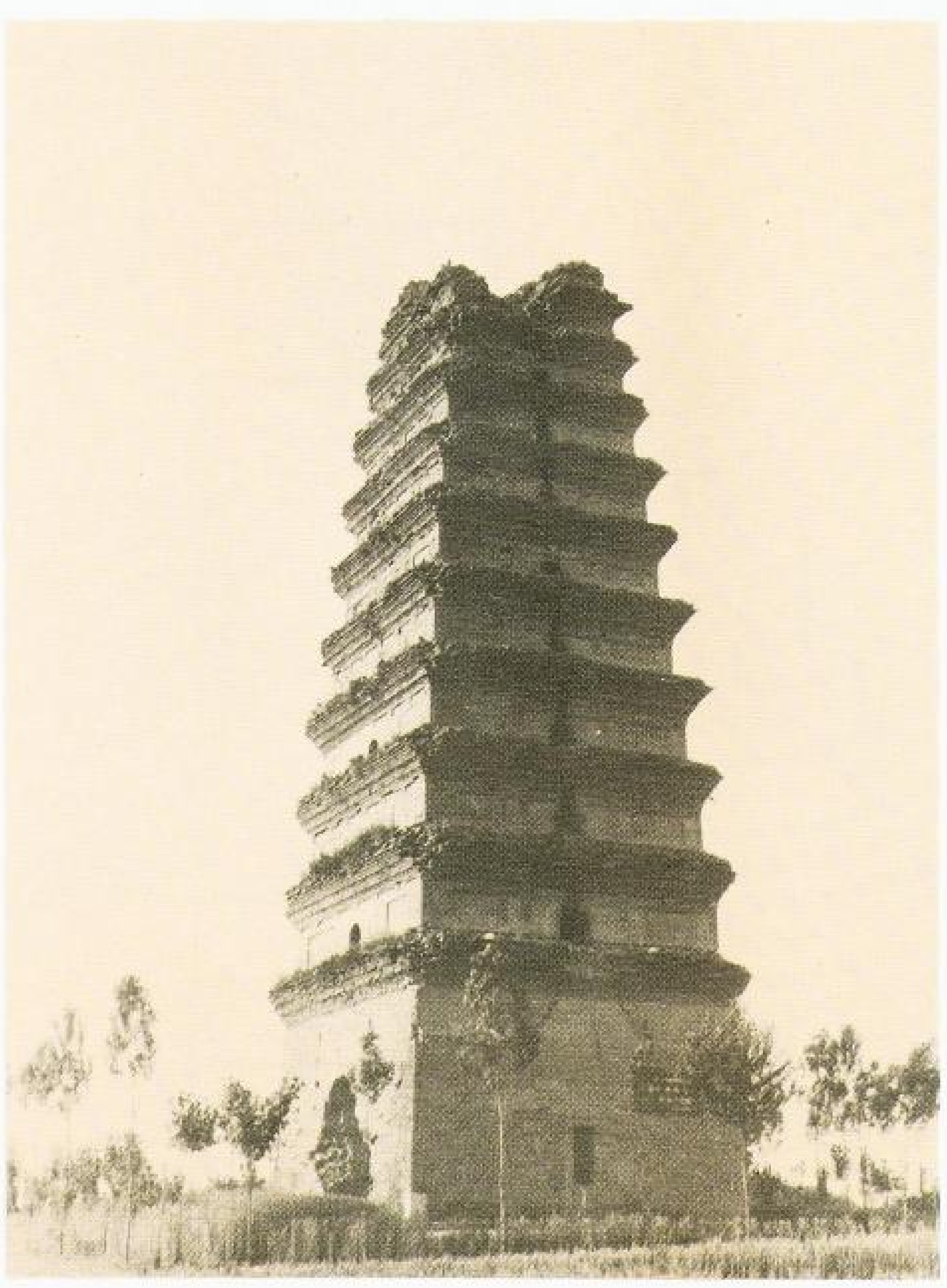


图6-5-10　西安香积寺塔



图6-5-11　甘肃宁县政平塔

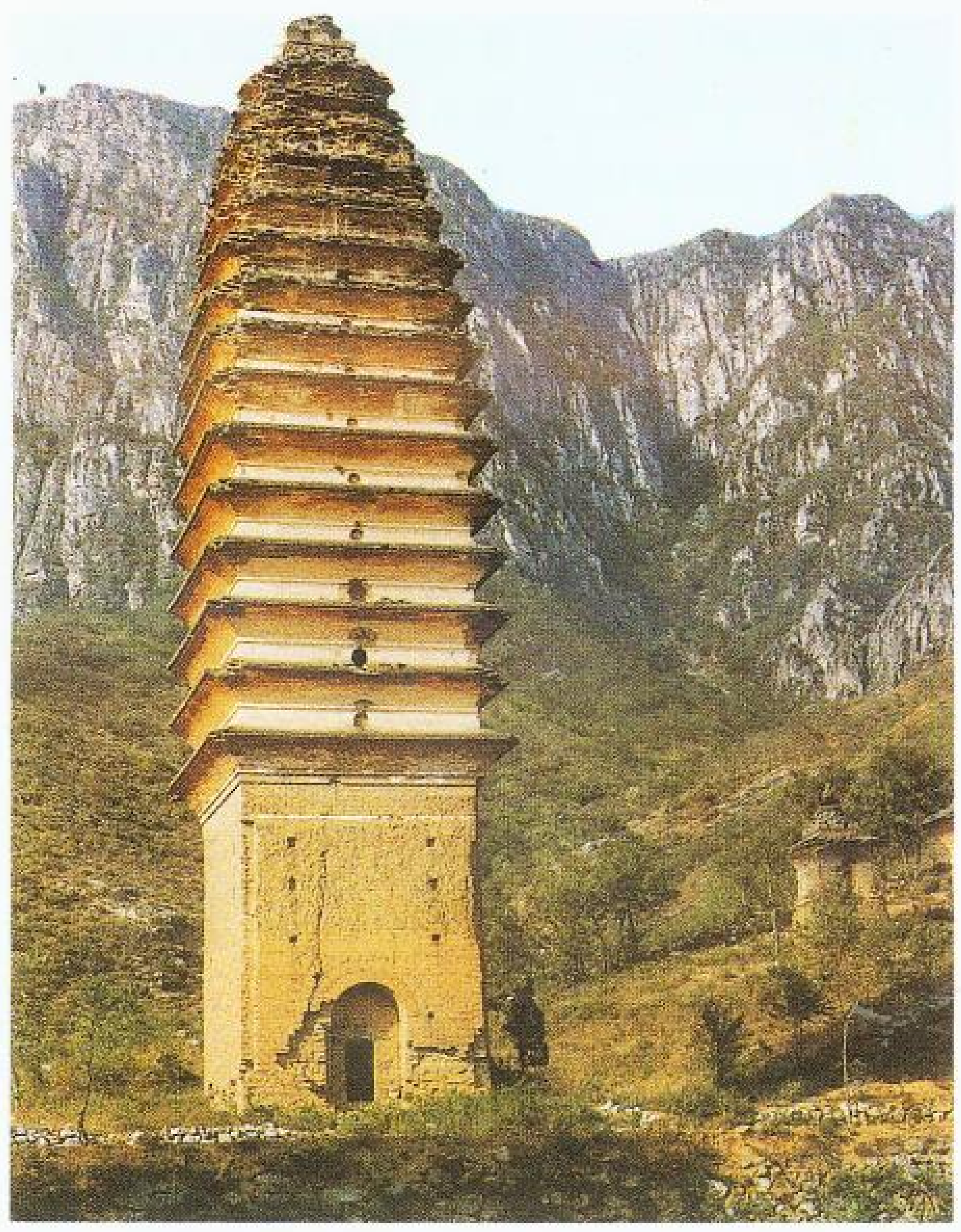


图6-5-12　河南登封法王寺塔

在塔壁的檐口与门窗洞口以及檐角部位都加木枋、角梁、木过梁，加强砖壁体薄弱部分的强度，使砖墙加强坚固性，这是唐宋以来砖塔相当普遍的一种构造特点。

砖塔的楼板面主要用木材构造，当砌外墙时，根据塔的平面尺度，将木梁砌入墙中，在木梁上横铺木板。空筒结构的楼层做法，十分简单。现存的塔大部分由于年久火烧和破坏，致使木楼层毁去。

唐代空筒结构塔砌砖方式，一般都是采用“顺砖措口砌”，表面非常平整、简洁、美观。内外表面，以及壁龛等都砌得非常精致。但是壁心

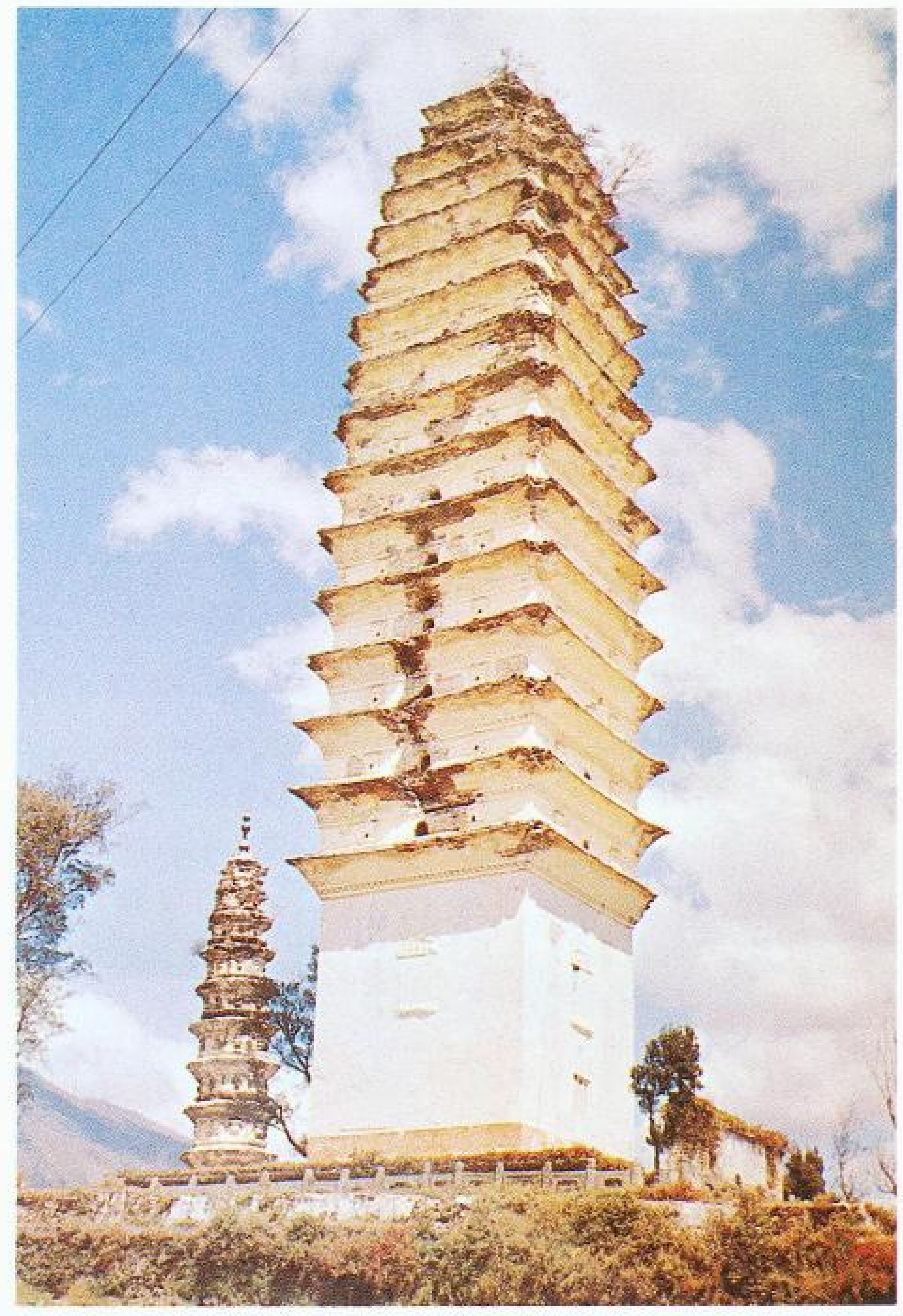


图6-5-13　云南大理崇圣寺千寻塔

填加不整齐的砖块，砌法没有一定规律，砌砖采用黄土泥浆，所砌塔体高度可以达到 50 多米，经历千年之久，仍然坚固完整（图 6 - 5 -13）。

宋以后，还有一些塔仍做空筒型（砖壁、木楼层），因为，塔内净空尺度不大，木梁足可胜任；而这一型式的砖壁砌筑也较简单。虽有火灾朽坏的危险，但修复并不困难，例如太谷无边寺塔，可以做为代表(图6 - 5 - 14)。宋以后各地空筒型砖塔数量颇多，密檐式，楼阁式均有。如洛阳金代白马寺塔（图 6 - 5 -15）及陕县宝轮寺塔都是这种类型（图 6 - 5 -16）。

唐代空筒结构砖塔一览表

地　点	塔　名	形式	层数	内　部　结　构	塔砖尺寸（厘米）
河南武陟	妙乐寺塔	方	13		36×16×17
陕西蒲城	崇寿寺塔	方	13	空筒木楼板结构	
甘肃宁县	正平砖塔	方	5	空筒木楼板结构	33×18.5×6
甘肃宁县	毛不拉塔	方	13	空筒木楼板结构	36×18×7
陕西蒲城	梵彻寺塔	方	13	空筒木楼板结构	
陕西周至	周至砖塔	方	11	空筒木楼板结构	35×17×6
陕西兴平	兴平砖塔	方	7	空筒木楼板结构	38×18×9
陕西礼泉	香积寺塔	方	7	空筒木楼板结构	36×18×7
陕西长安	香积寺塔	方	11	空筒木楼板结构	
陕西澄城	澄城砖塔	方	5	空筒木楼板结构	37×17×8
云南昆明	东寺塔	方	13	空筒木楼板结构	
云南昆明	慧光寺塔	方	13	空筒木楼板结构	42×20×6
四川新都	宝光寺塔	方	13	空筒木楼板结构	
四川彭县	隆兴寺塔	方	15	空筒木楼板结构	23×34×7
云南大理	崇圣寺塔	方	16	小　空　筒	40×21×6
云南大理	一塔寺塔	方	16	空筒木楼板结构	40×20×7
云南下关	佛图塔	方	13	空筒木楼板结构	40×20×6
陕西鄠县	西山塔	方	11	空筒木楼板结构	33×17×6
陕西西安	大雁塔	方	7		
陕西西安	小雁塔	方	13	空筒木楼板结构	
陕西澄城	城里砖塔	方	9	空筒木楼板结构	

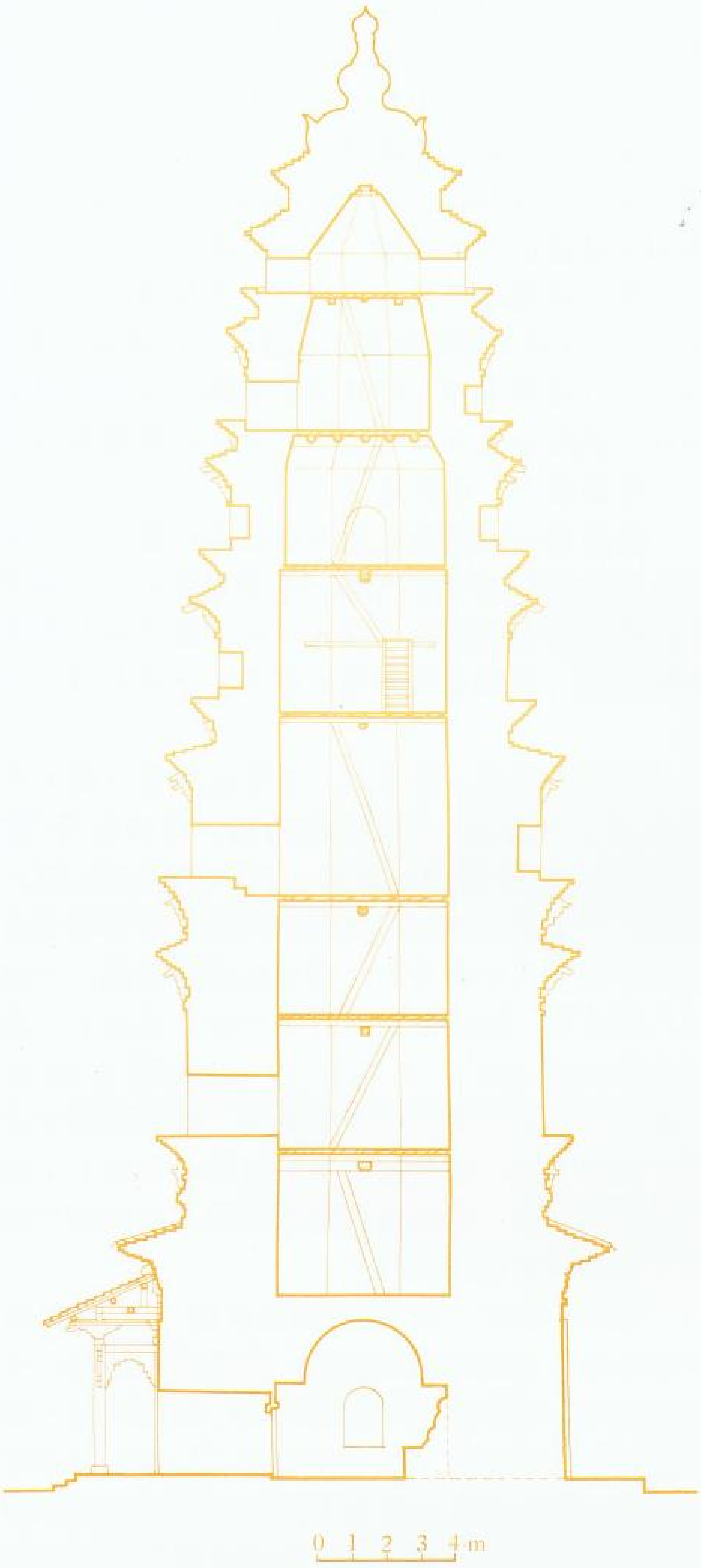


图6-5-14 （1）山西太谷无边寺塔剖面示意图

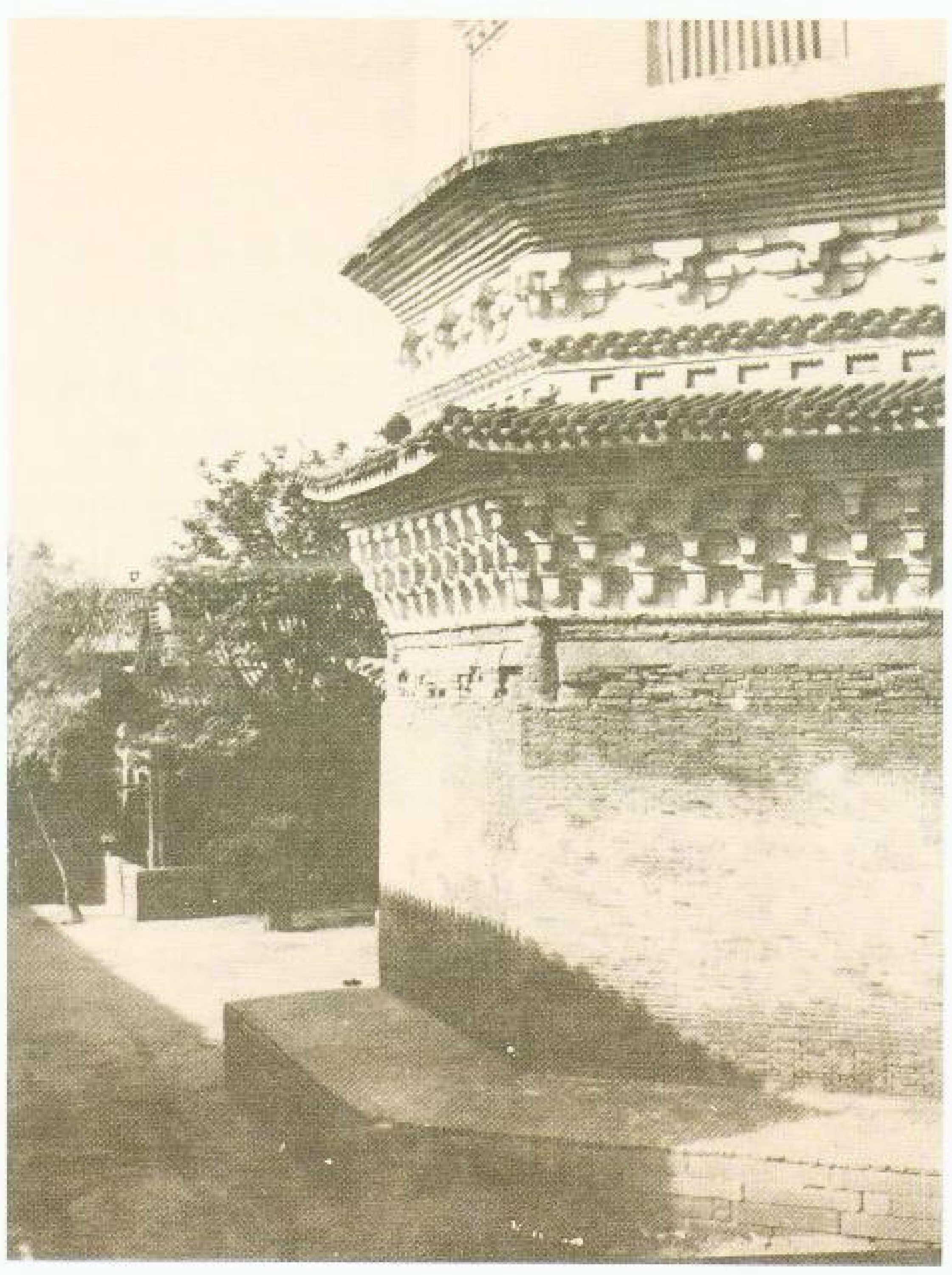


图6-5-14 （2）山西太谷无边寺塔细部

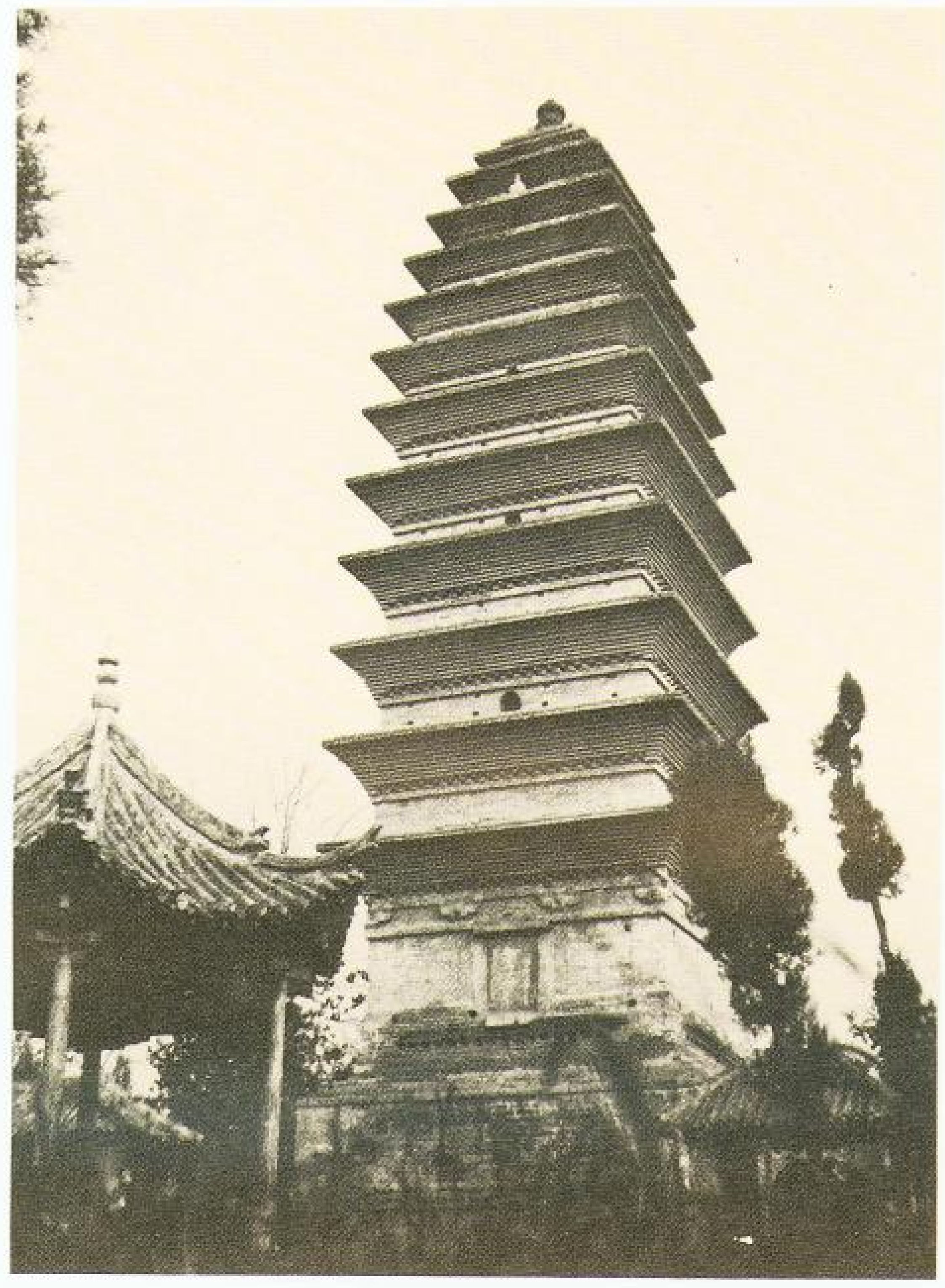


图6-5-15 河南洛阳白马寺塔



图6-5-16 河南陕县宝轮寺塔

三 砖阶梯塔

早期砖塔为空筒结构，内部的楼层和梯级，仍用木料构成；这种方式一直沿用到明清，不曾绝迹。由于木料的易朽易燃，约从五代末起，开始尝试用砖料代替木料来做楼层和梯级。有的用砖楼层而仍用木梯，例如苏州云岩寺塔（五代末北宋初建，图 6－5－17）；有的用木楼层而做砖阶梯，例如广州六榕寺华塔；但主要的方向，则是全部用砖代木。其中，砖阶梯的构造方法，经历多种尝试，有几种不同处理，对塔体的结构影响也最大。

木梯是斜置的梁，两端以上下楼层为支点（层高大则分为几段），而且比较轻，它的布置和架设是自由和简便的。砖阶梯则不然，其下须有承重的砖砌实体，如若专为阶梯而设置承重的基底，事实上是不可能的。只能利用塔的壁体或中心柱，在其中开辟阶梯通道，实际上就成为在墙体内阶段状逐段升高的券洞。

现存的砖阶梯塔的最早实物，当属开封繁塔（图 6－5－18）。此塔建于北宋太平兴国年间（977—984年），建至第三层即止，原因不明；其上另加小塔，是明代续建的。它的底层墙体内，辟甬道形成阶梯达到上层。后来沿用这一方式的塔为数不少，据目前调查资料统计，约有数十座，散布在山西、陕西、四川、甘肃、浙江等省，大多数均为宋代、明代所建。这种把阶梯甬道布置在外墙之内，随外墙的转折而转折的方式，姑名

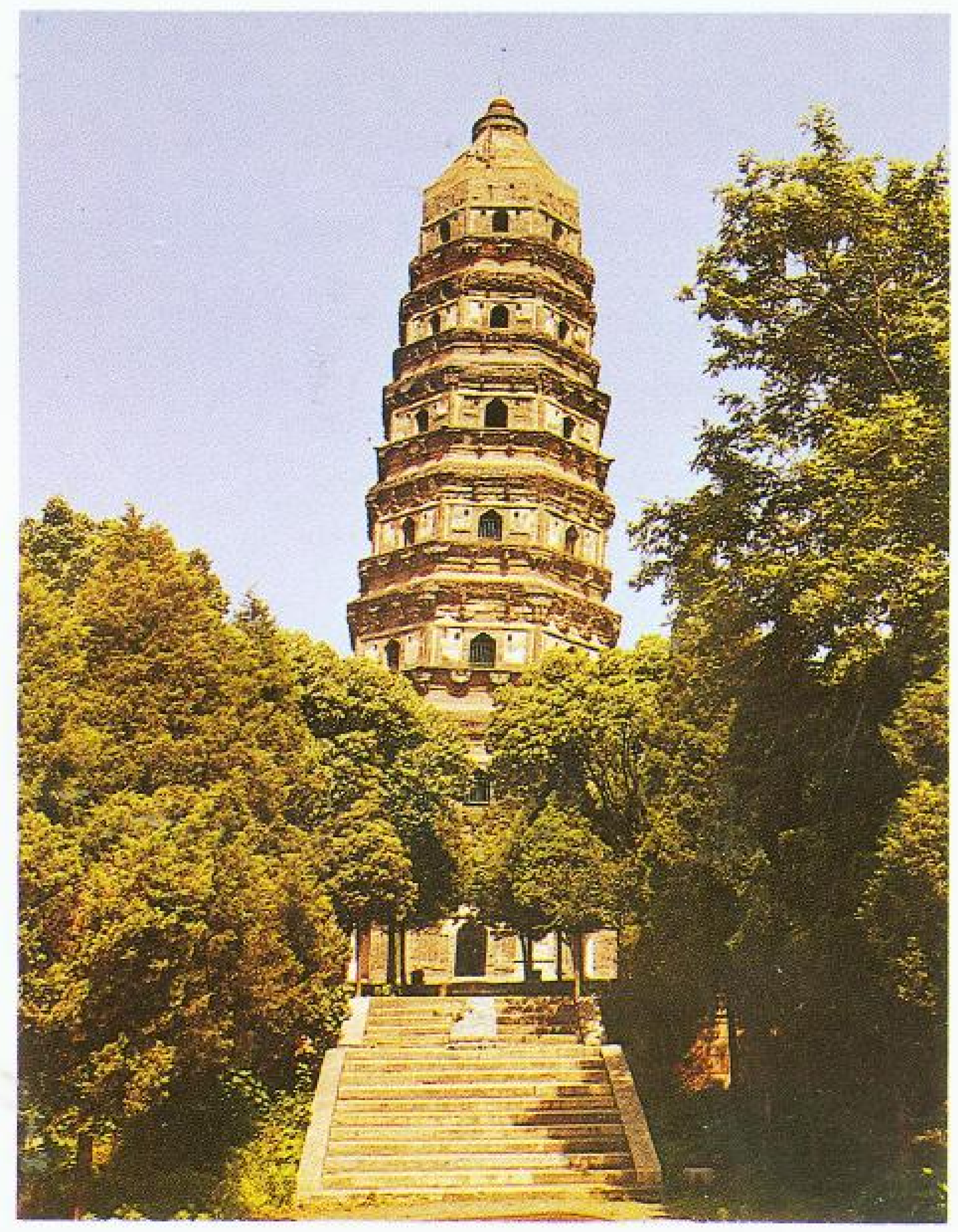


图6-5-17 苏州云岩寺塔



图6-5-18 开封繁塔

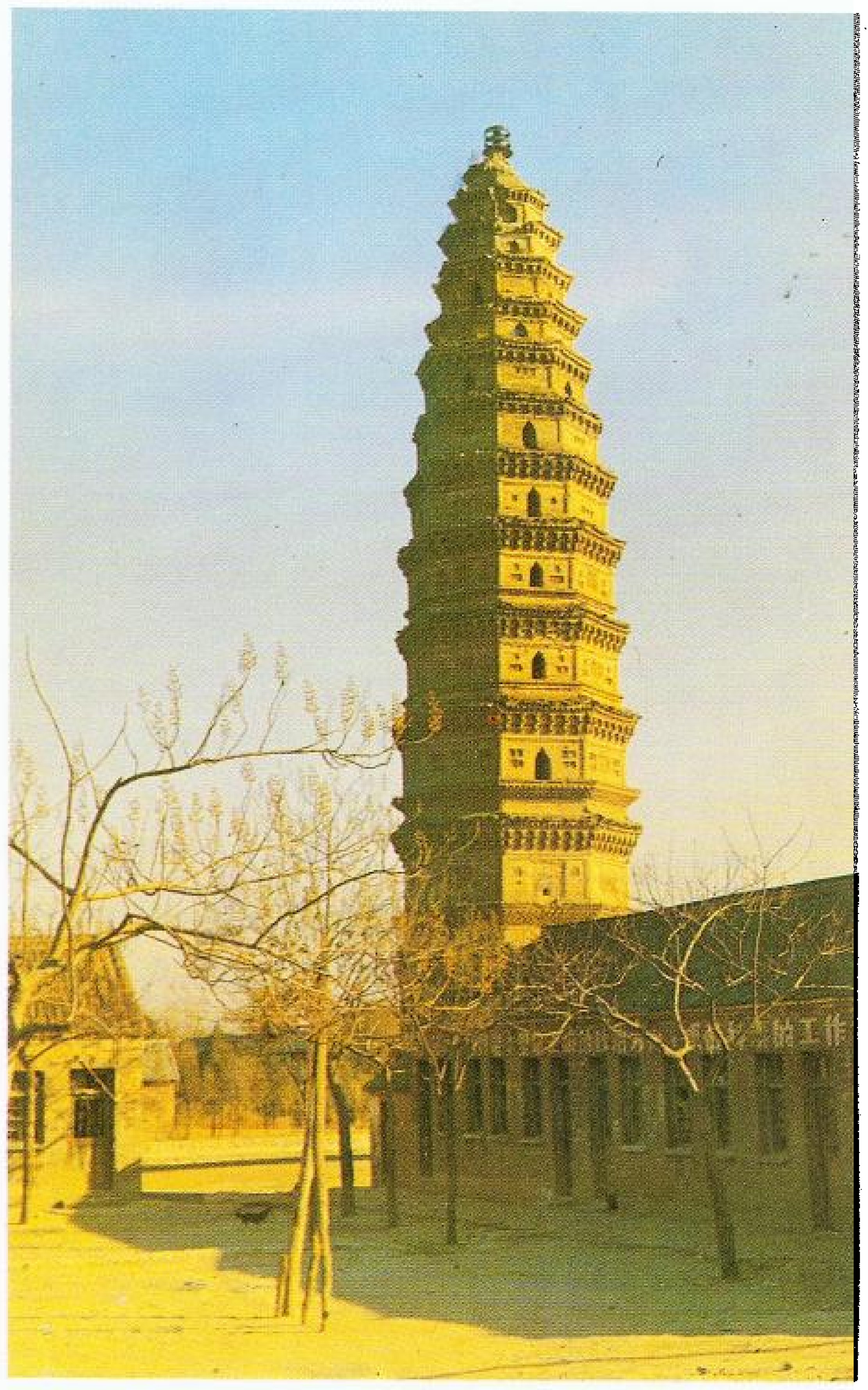
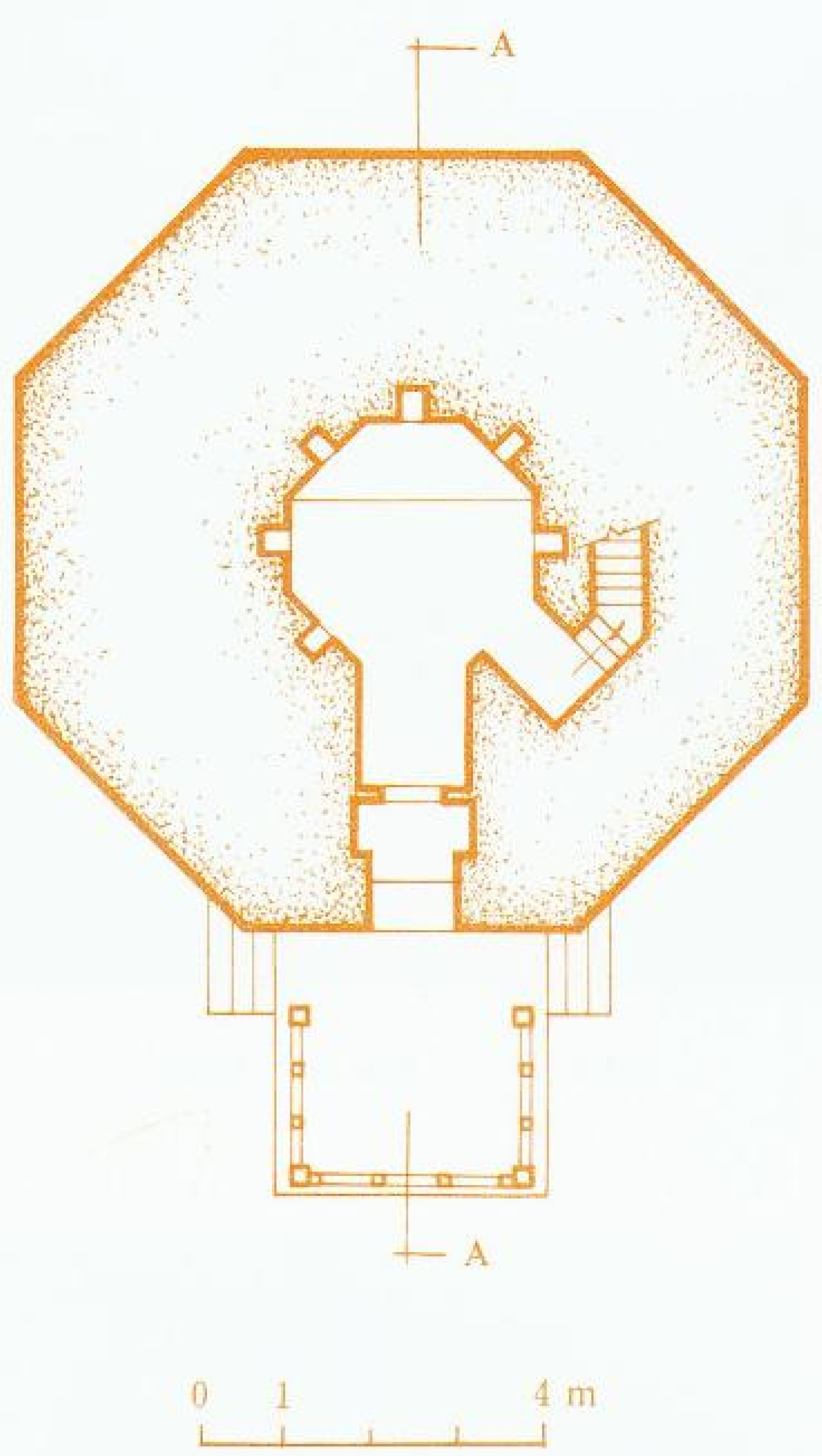


图6-5-19 安徽蒙城万佛塔



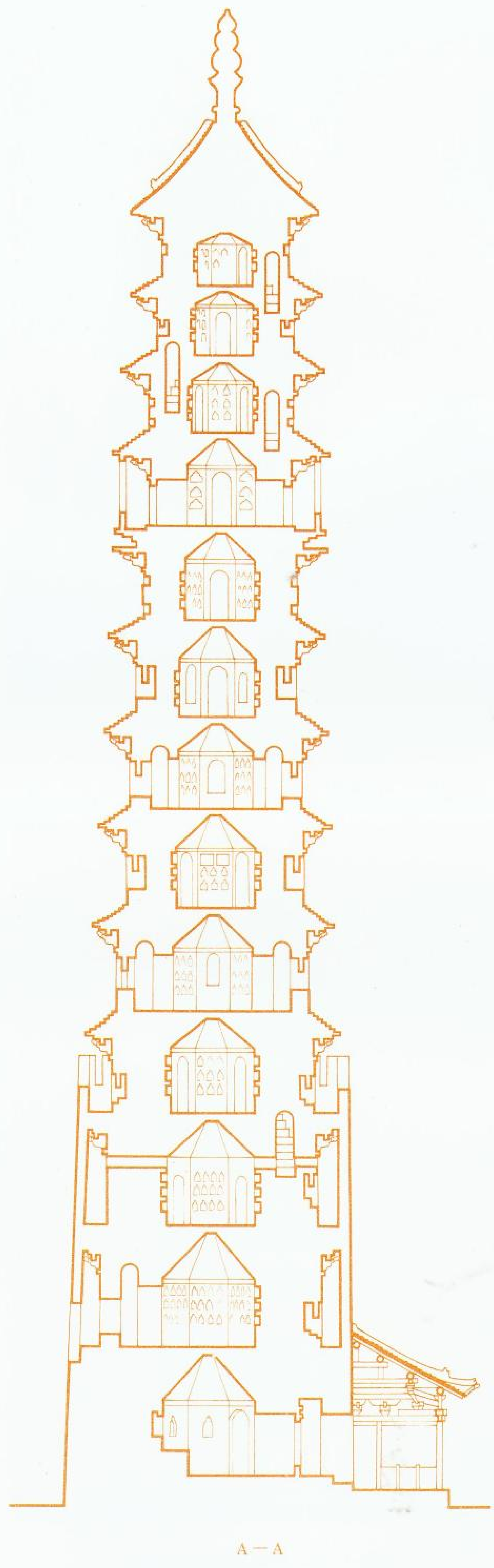


图6-5-20 山西阳城龙泉寺塔底层平面图、剖面图

为“壁内折上”式。例如安徽蒙城万佛塔即为宋代的“壁内折上”式（图 6－5－19）。山西汾阳明代建昌文峰塔属壁内折上式，此塔高近 80 米，是现存高塔之一。山西阳城龙泉寺塔也属壁内折上式（图 6－5－20）。这种塔的结构方式一直发展到清代，数量也是不少的（图 6－5－21）。

这种塔多数只有外壁，实际是空筒式塔。它的砖阶梯也惟有外壁可以利用。而其内部楼层，则往往仍用木料，这在砖壁的内径（即梁的跨距）不大时，比较适用。因此，这种塔往往是中小型塔。但是，也有中心有塔柱或塔心室而采用壁内折上式的例子，如四川宜宾旧州坝白塔。

砖阶梯的第二种方式，是在塔心柱内开辟登塔的阶梯甬道。姑名为“穿心式塔”。塔心柱径须相当大，因而很厚重。这种方式例子不多，著名的河北定县开元寺塔（料敌塔）即是一例（图 6－5－22）。这种塔见于山西、四川、河北等省。宋代、明代均有建造，如四川大足宝顶山砖塔（宋代），山西五台山狮子窝梁砖塔（明代），四川大足北山白塔寺塔（宋代，图 6－5－23）。

穿心式塔的厚重的塔心柱，也是塔的结构上的主干，外壁则相应地减少负担，可以做得较薄。因此，外壁的塌裂，往往不足影响到全塔的稳定存在，例如定县开元寺塔，即是在外壁塌毁四分之一的情况下，依然屹立不倒。

因为塔心位置为厚重的塔心柱占据，为了登塔活动的需要而有了内廊。内廊宽度不大，楼层可以用砖券或叠涩砖构成。因此，就构成全部用砖料的塔，其彻底的程度比壁内折上式又进了一步。

砖阶梯的第三种方式，是穿过外壁（而不是在外壁之内盘旋）开辟阶梯甬道。可以称为“穿壁式塔”。这种塔例也很多，已知的只有江西九江能仁寺塔和广州六榕寺华塔两例。这种塔梯由塔外平坐进入外壁开口，穿过此侧外壁后，中途进入塔心室，然后又穿过另侧外壁，达到上一层的塔外平坐（图 6－5－24）。因此，这种由塔身外进入而又穿出塔身之外的梯级，就必须有外走道平坐的设置。塔心室的楼层位置，恰在上下两层外平坐当中，而不是象通常那样，楼层和平坐位于相同或接近的标高上。

第四种方式，可称为“回旋式塔”。这种塔没有塔心室，也没有内廊走道，全塔可以视作一个实心柱体，梯级在其中盘旋而上，甬道向外一侧的墙身上适当位置（对于外观而言）开窗口采光和通风。这种塔既无内室及内廊，所以平面面积相对较小，外观比例瘦高，阶梯甬道所占空间很小，而且匀布在塔体的各侧，没有集中的薄弱部位；这样，全塔的结构整体性优于其他各种平面型式。它的纵断面积比较小，因而，风力的作用也相对要小些；它的整体性好，有利于抗震。比较起来，抗风抗震较优于其他型式砖塔。实践证明也是如此。回旋式阶梯的著名实例开封祐国寺塔（铁塔），历史上曾受到多次地震冲击，至今巍然屹立（图 6－5－25）。采用这种阶梯布置方式的塔例，还有四川宜宾旧州坝白塔，安徽池州清溪塔，浙江宁波阿育王寺西塔（元代）等。

砖阶梯在墙体或塔心柱内辟出，它的下面和两侧是密实的砌体，问题是甬道顶部的结构处理。甬道一般宽度不大，小者约 60 厘米，可容两人侧身过；大者 120—150 厘米，多人上下通行绰有余地。这样的跨度情况下，甬道顶部结构小者一般用叠涩，大者往往用半圆券。为砌筑方便起见，顶部常常不是随阶梯的坡度作平行的斜度，而是水平起券（或叠涩），一段距离后，突然升高次一段券顶，以最低处不影响人的通行为度（见图（6－5－26）。

砖砌体内的孔洞，是结构的薄弱部位。为了避免使它们集中在同一垂直面上，必须逐层改变阶梯甬道的方位；这一点，所有的砖阶梯塔都是如此处理的。这和门窗开口不宜集中在同一垂直

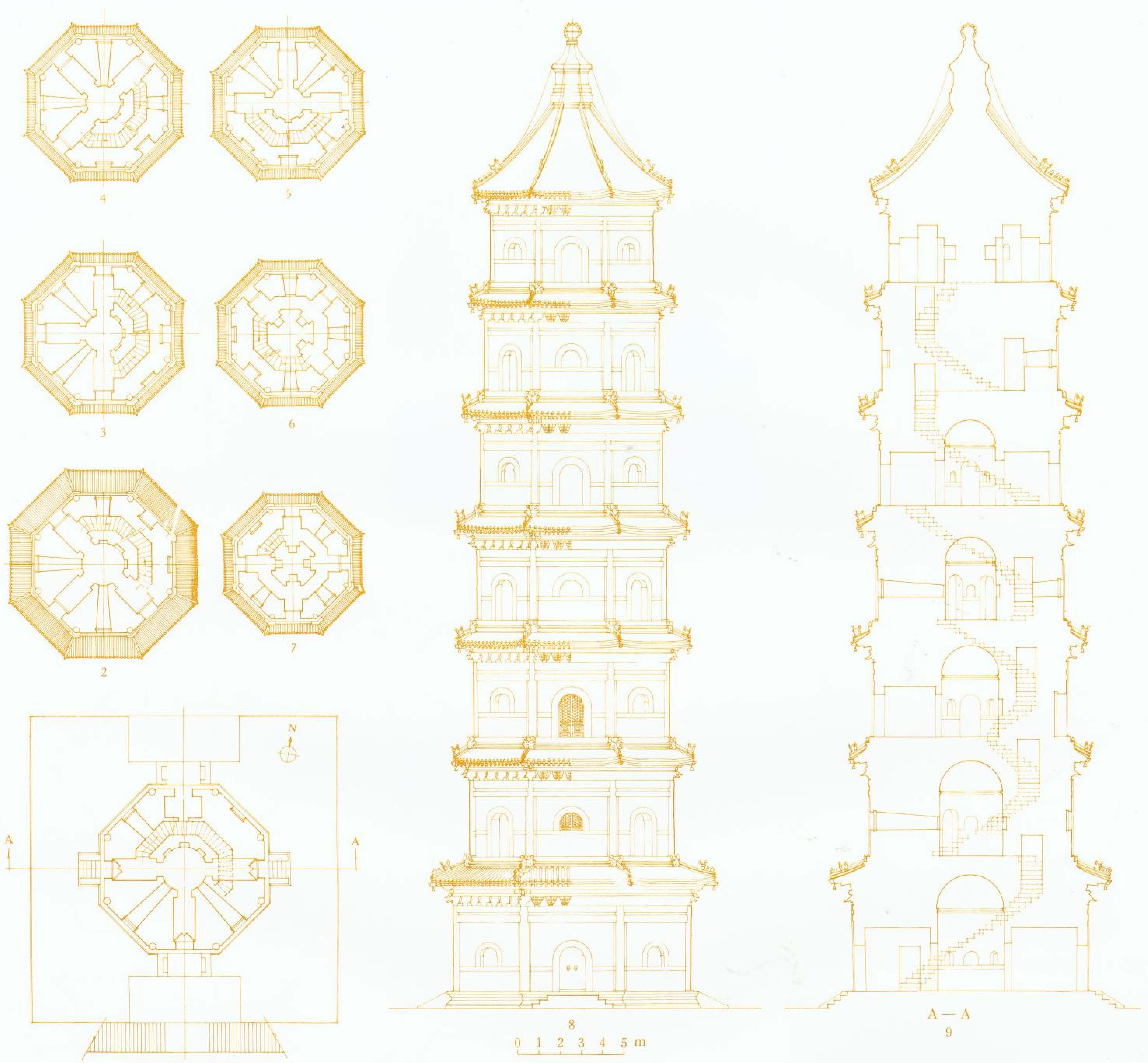


图6-5-21 北京玉泉山玉峰塔平面、剖面图

1.头层平面；2.二层平面；3.三层平面；4.四层平面；5.五层平面；6.六层平面；7.七层平面；8.立面；9.剖面

线上的道理相同，早已为古代劳动人民从实践中所认识。

还有一种特殊的例子，即不用踏级，而是在甬道两侧壁面上留出小洞，左右交互上升，供手攀足蹬之用，故称谓“扶壁攀登”式。这种甬道很窄，只容一人通过。山西赵城广胜寺飞虹塔即其例（图 6－5－27）。山西陵川积善塔亦为其佳例（图 6－5－28）。

也有的塔采用不是逐层相同的塔梯方式，而是兼用两种以上方式，即底层为一种，以上则改用其它方式的。如定县开元寺塔（料敌塔），底层为壁内折上式，以上为穿心式。

从历史发展看，楼层首先实现用砖代木，例如苏州云岩寺塔，建于五代末宋初，即已用砖楼层，采用基本是叠涩的结构方法，在楼层适当位置留孔，置木梯登塔。一般说来，楼层的砖结构方法不外拱券、叠涩两种，是汉代已经出现和解决了的问题。此外，也有楼层采用在局部加用石条、木料，做成梁式结构的办法。但是，砖楼层上留阶梯孔洞则是很不利的，因此，以后的各种砖阶梯布局，均避免在砖楼层上开洞。

整个看来，包括阶梯、楼层在内，全部用砖料的楼阁式砖塔的各种处理方法，宋代均已尝试和解决，留下了丰富的塔例。以后，元、明、清各代，并无更多增添。所以可以说宋代是古代砖塔技术成熟和高峰的时期。

四 砖木混合结构的塔

砖木混合式塔的特点，是在砖砌塔身上，加有木构的塔檐和平坐，其顶端用木刹柱；塔的底层一般有木构的围廊。塔身虽然用砖砌筑，但也模仿木构的柱、枋、窗棂等形象，使整个塔的外

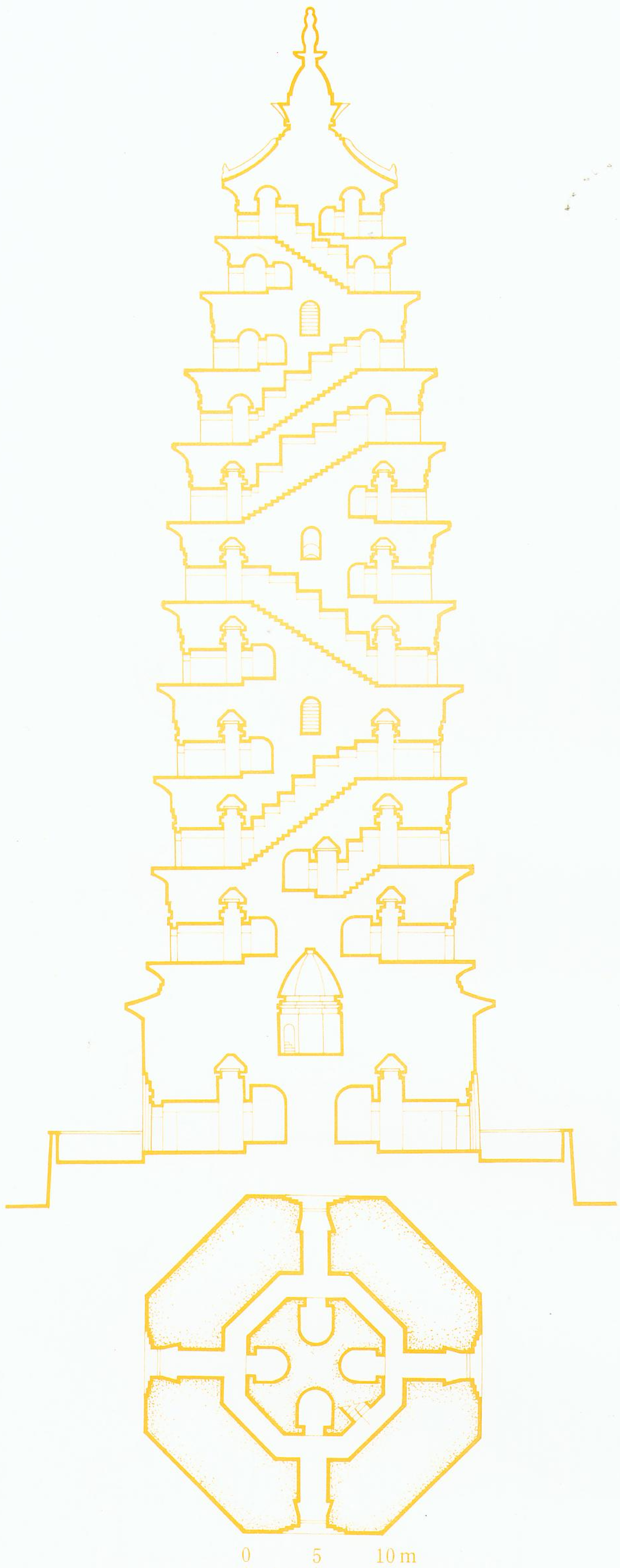


图6-5-22 河北定县开元寺塔（料敌塔）平面、剖面图

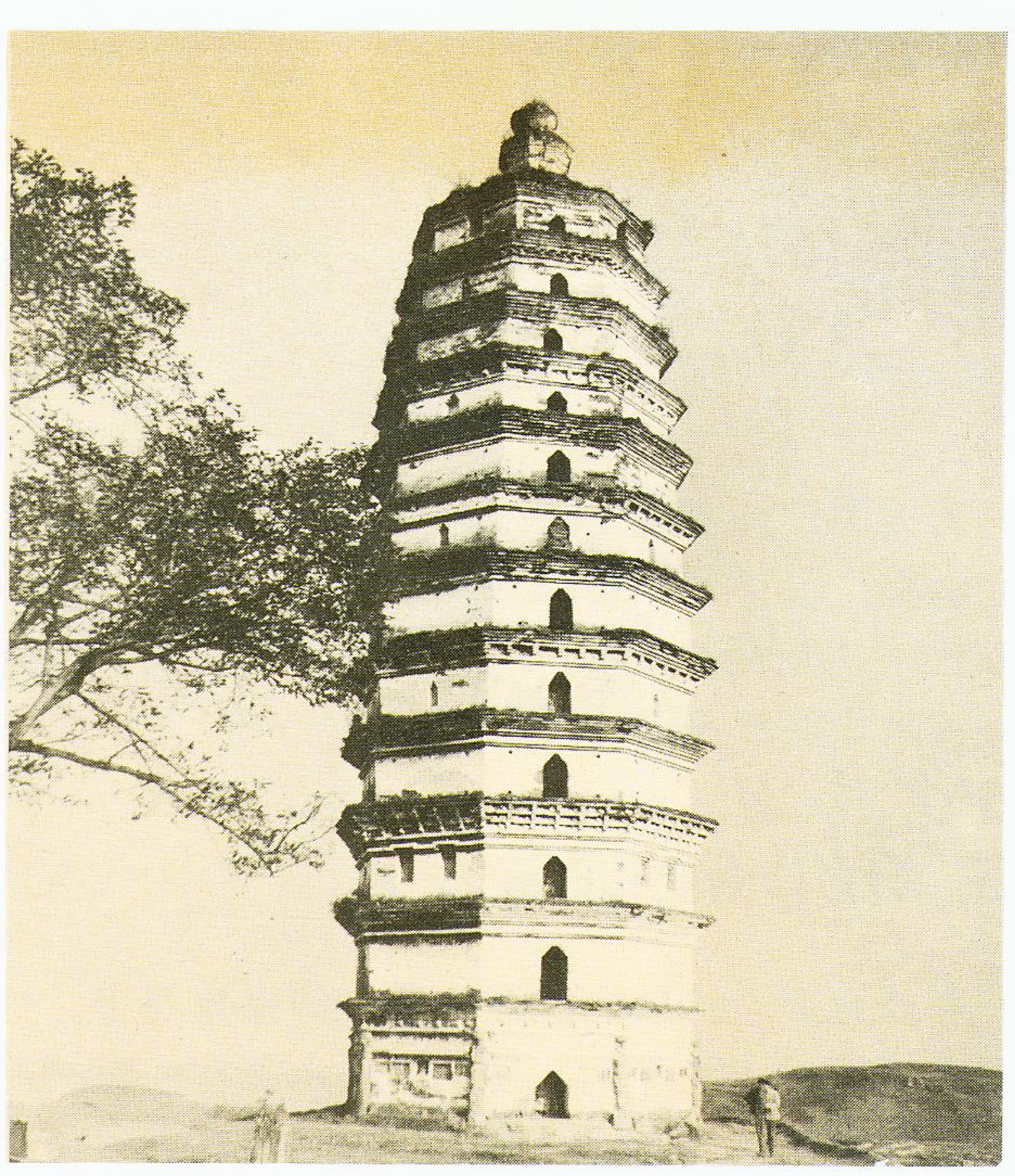


图6-5-23 四川大足宝顶山宝塔寺塔



图6-5-24 （1）江西九江能仁寺塔外观

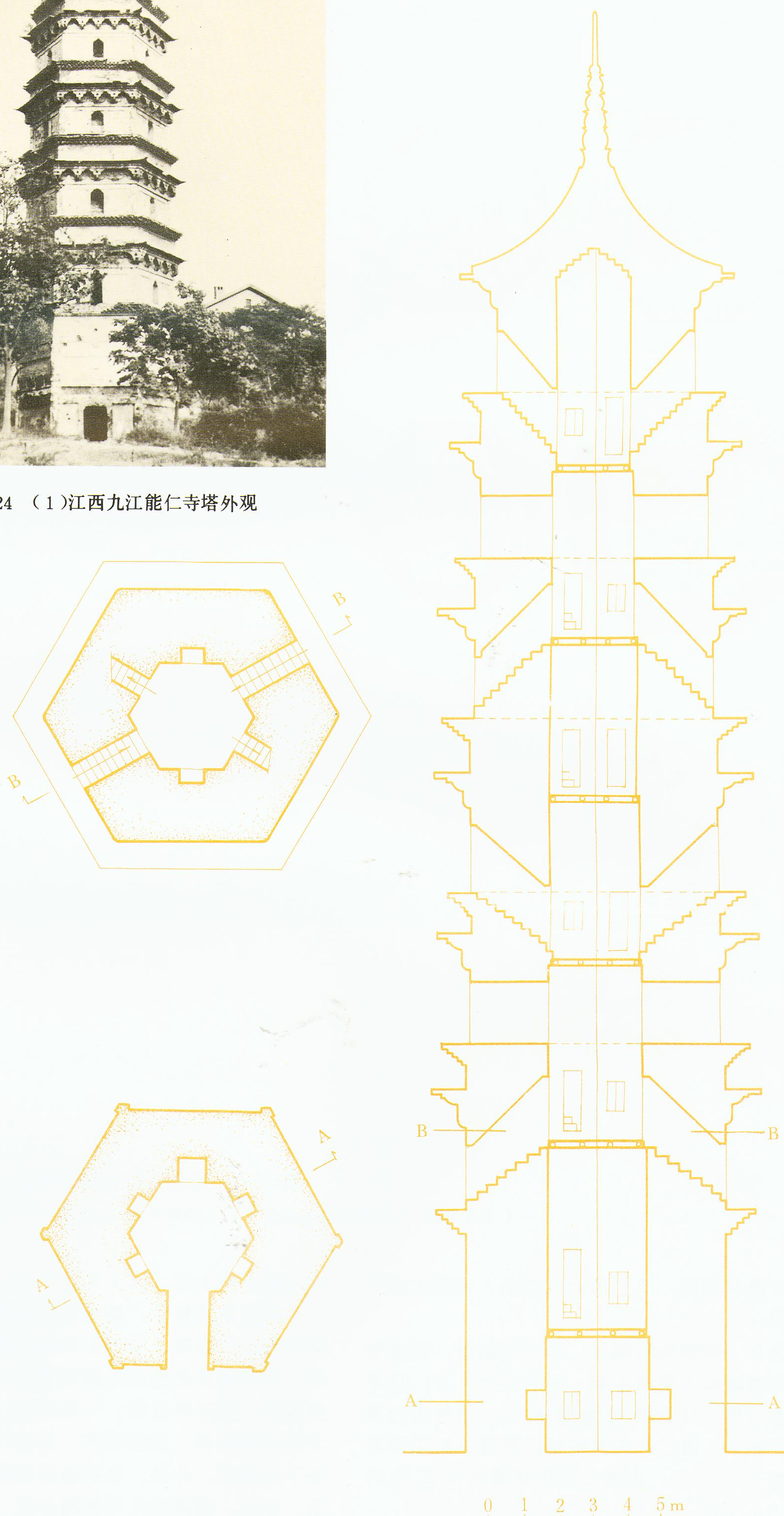


图6-5-24 （2）江西九江能仁寺塔平面、剖面示意图



图6-5-25 河南开封祐国寺塔（铁塔）



图6-5-26 浙江诸暨娄家荡塔塔内阶梯通道

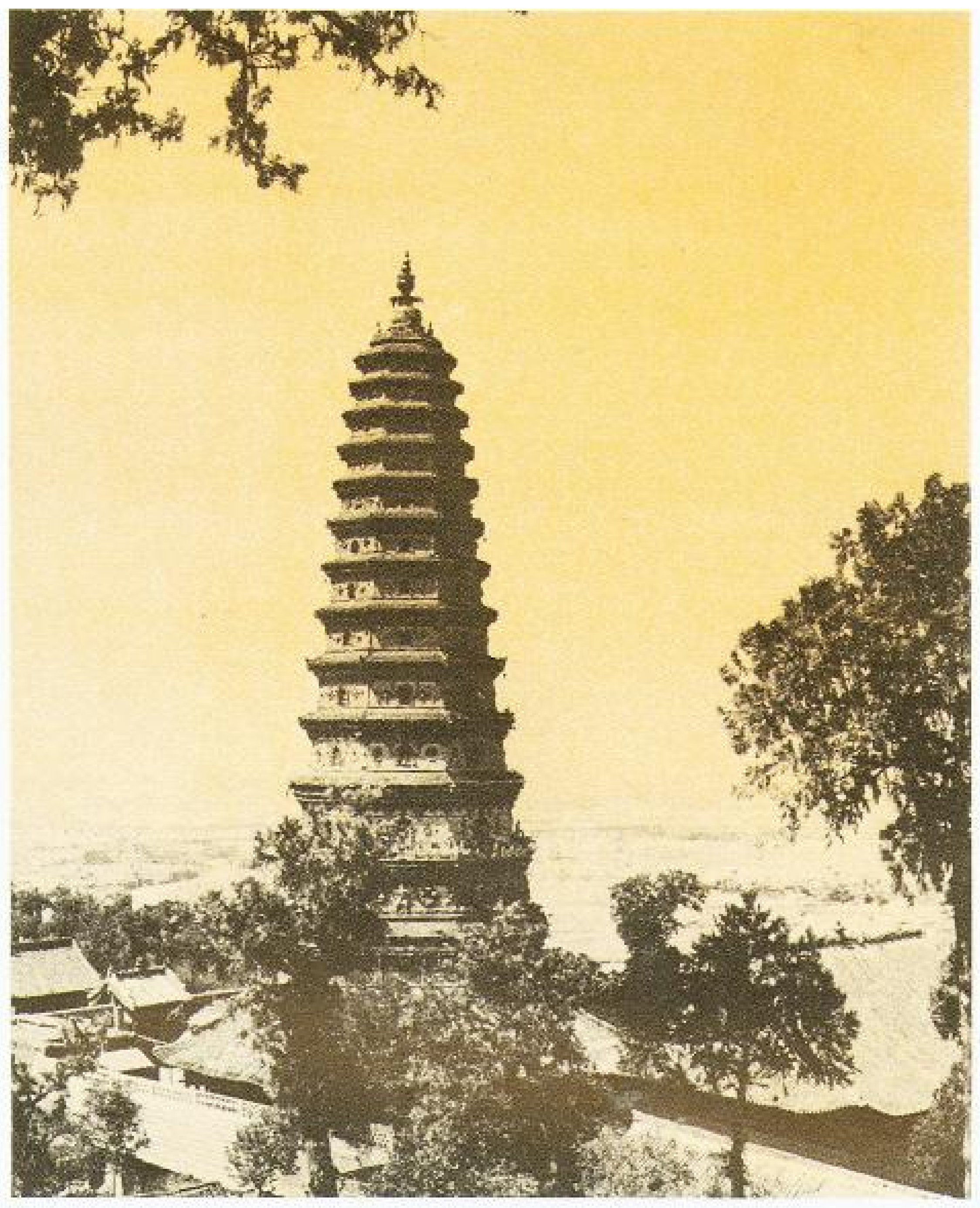


图6-5-27 山西洪洞广胜寺塔（飞虹塔）

貌，给人以木构的印象（图 6－5－29）。

这种塔的结构要点，就在于解决木料与砖的结合。

木料作为承重构件，主要是承载屋檐部分和平坐部分荷重的挑梁。木挑梁埋固于砖砌体内，成为悬臂梁。悬臂梁一般以斗栱形式出现——外檐斗栱和平坐斗栱，主要是转角华栱和平坐华栱。

悬臂梁的原理，很早已为古人所知。可以溯源到战国、秦汉时期嘉陵江上源峡谷地区的栈道结构；栈道有以木柱和石壁为支点的简支梁形式和由石壁直接外伸的悬臂梁形式两类。因此，在砖结构物上挑出木悬臂梁的结构物形象，最早出现于和嘉陵江上源地区毗邻的天水麦积山石窟的壁画中，并非偶然。估计南北朝以前已出现此类砖木混合建筑。麦积山石窟本身就是用悬空栈道攀登绝壁，作为来往各窟的主要交通方式。

从麦积山石窟的栈道结构中，可以看出，很早人们就理解，要使悬臂梁稳固地与石壁结合，保证它的刚性，必须加楔。木料会湿涨干缩，必须在干燥时把木梁与安置梁木的孔眼之间的缝隙用楔塞紧，以避免松动。为了加楔的施工便利，孔眼外口大而内底小。孔眼的深度过大施工困难，但是一定的埋深，对于保证木梁与石壁刚性的结合是必要的。木楔一般加于木梁底面，孔眼的开凿也略有斜度，以便木梁外悬时微向上翘。这样，人们行走时重心略向内倾，较为安全。

在砖砌体内埋置木梁，比在石壁上凿眼施工方便多了，埋置深度可以很深，甚至穿出内壁，后尾转成内壁的斗栱。但是，埋置木梁的砖孔外口，仍然需要加楔，加楔的痕迹，一般用外形为栌斗的粉刷层遮蔽；也有用栌斗形的木片来掩盖，例如瑞光塔那样。砖木混合塔，最早出现于五代末，如已毁的杭州雷峰塔例。

砖木混合塔的一些结构情况：

（1）华栱断面的尺寸和出跳长度的比例关系，由于华栱本来就是斗栱的外挑承重构件，长期以来，已经在木构建筑体系中形成了华栱断面与每级出跳的尺度比例。在砖壁上出跳华栱，仍大致遵循这一比例。不过，现存的砖木混合结构塔的木构件，一般均经过后世的抽修重修，因此已非原来状况。我们只能大致了解这种尺度关系。根据这一比例，所有砖壁作斗栱（泥道栱）的材高和栱长也遵循木斗栱的本来比例。因此，外型上塔的外檐比例与木构的权衡相仿，如上海吉云禅师塔上残存木构件所示（图 6－5－30）。

（2）平坐斗栱和外檐斗栱彼此独立。平坐承受外走道荷载，宽度一般不超过 1 米。屋檐的檐檩则一般与平坐跳头同长，但由于加上檐椽与飞椽，使出跳长度超过平坐。平坐斗栱由上下相叠的出跳木料构成，紧密贴合，全为足材，所以在



图6-5-28 山西陵川三圣瑞现塔（扶壁攀登式）示意图



图6-5-29 （1）苏州报恩寺塔

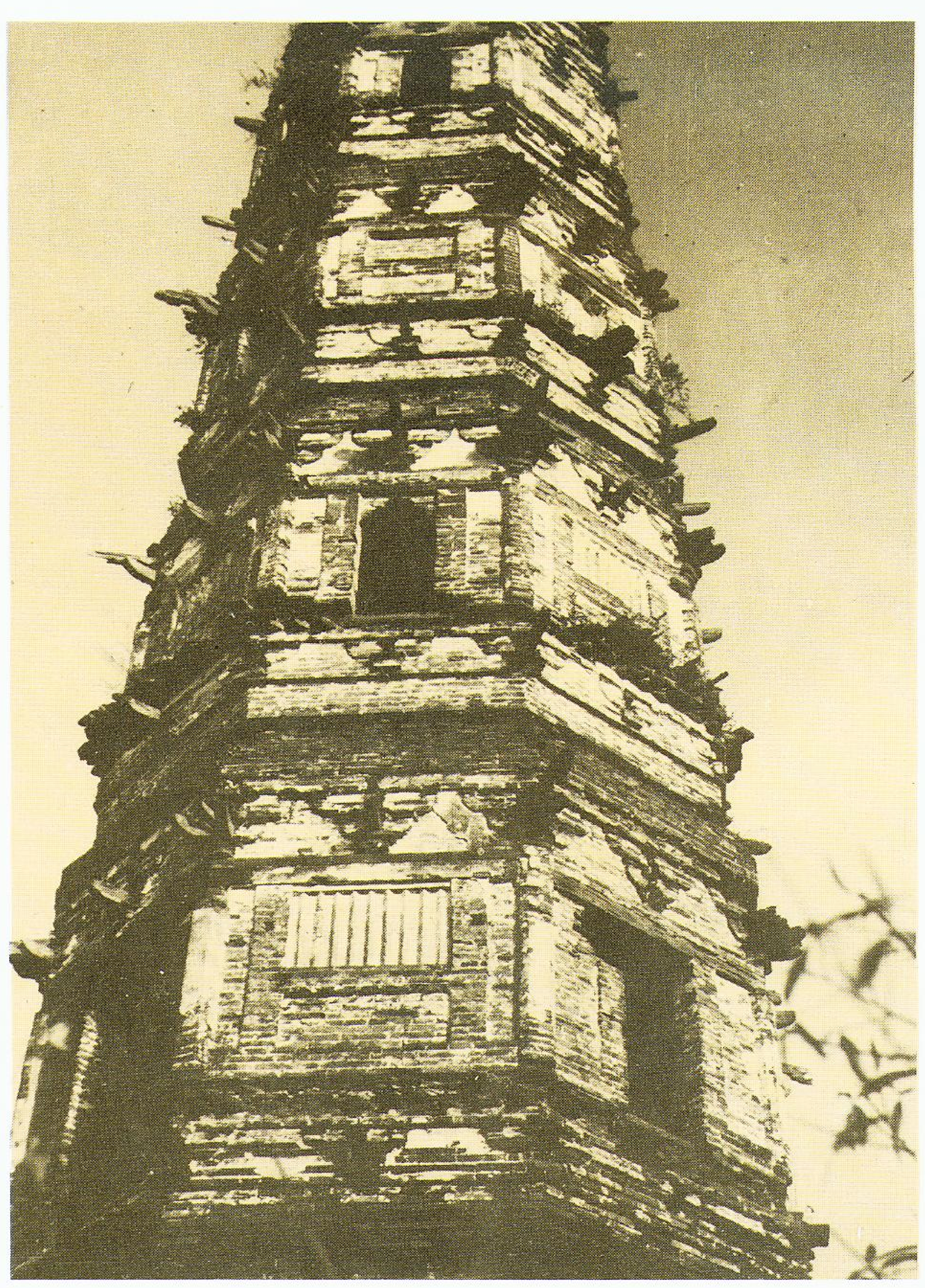


图6-5-30 上海青浦吉云禅师塔局部

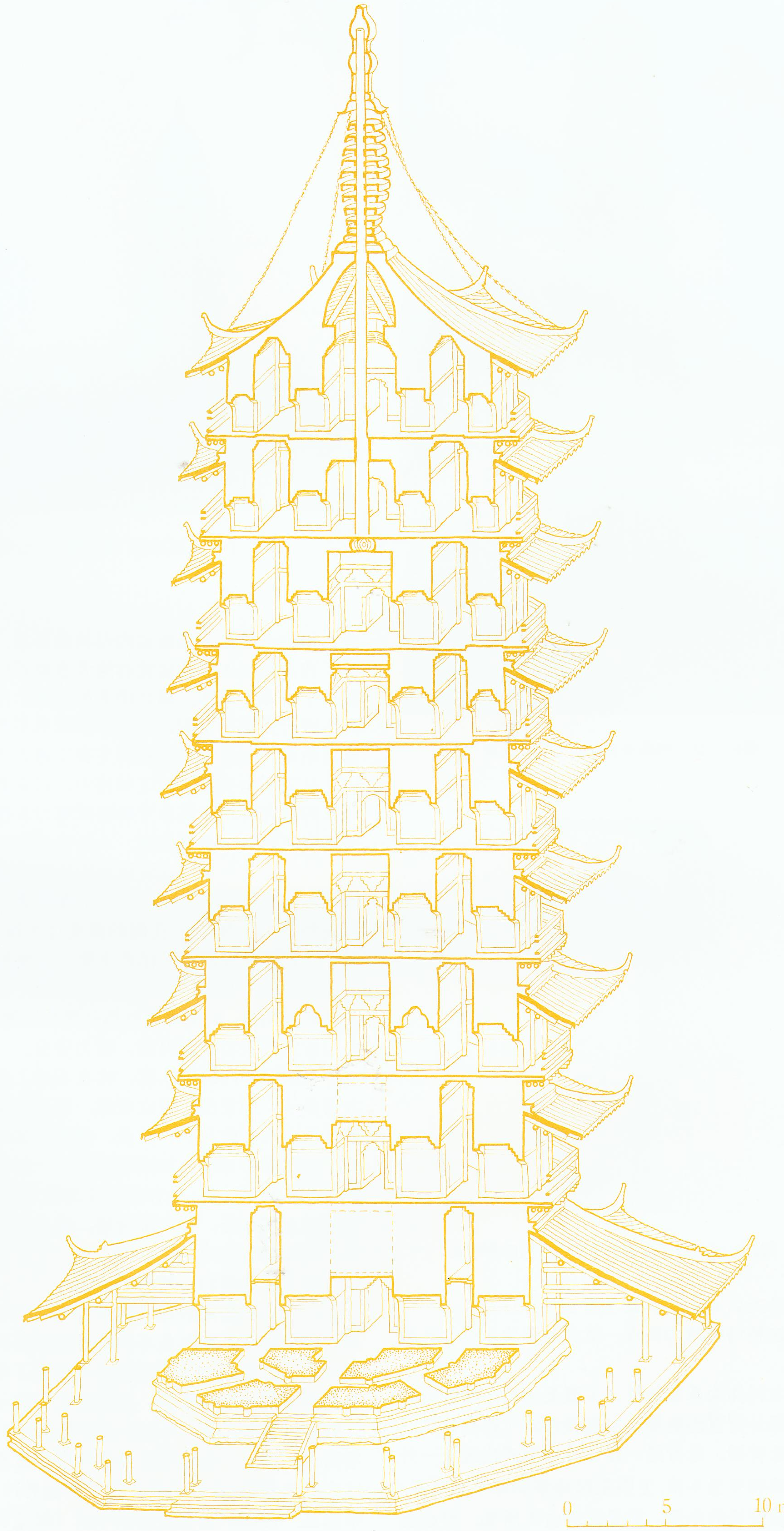


图6-5-29 （2）苏州报恩寺塔剖视图

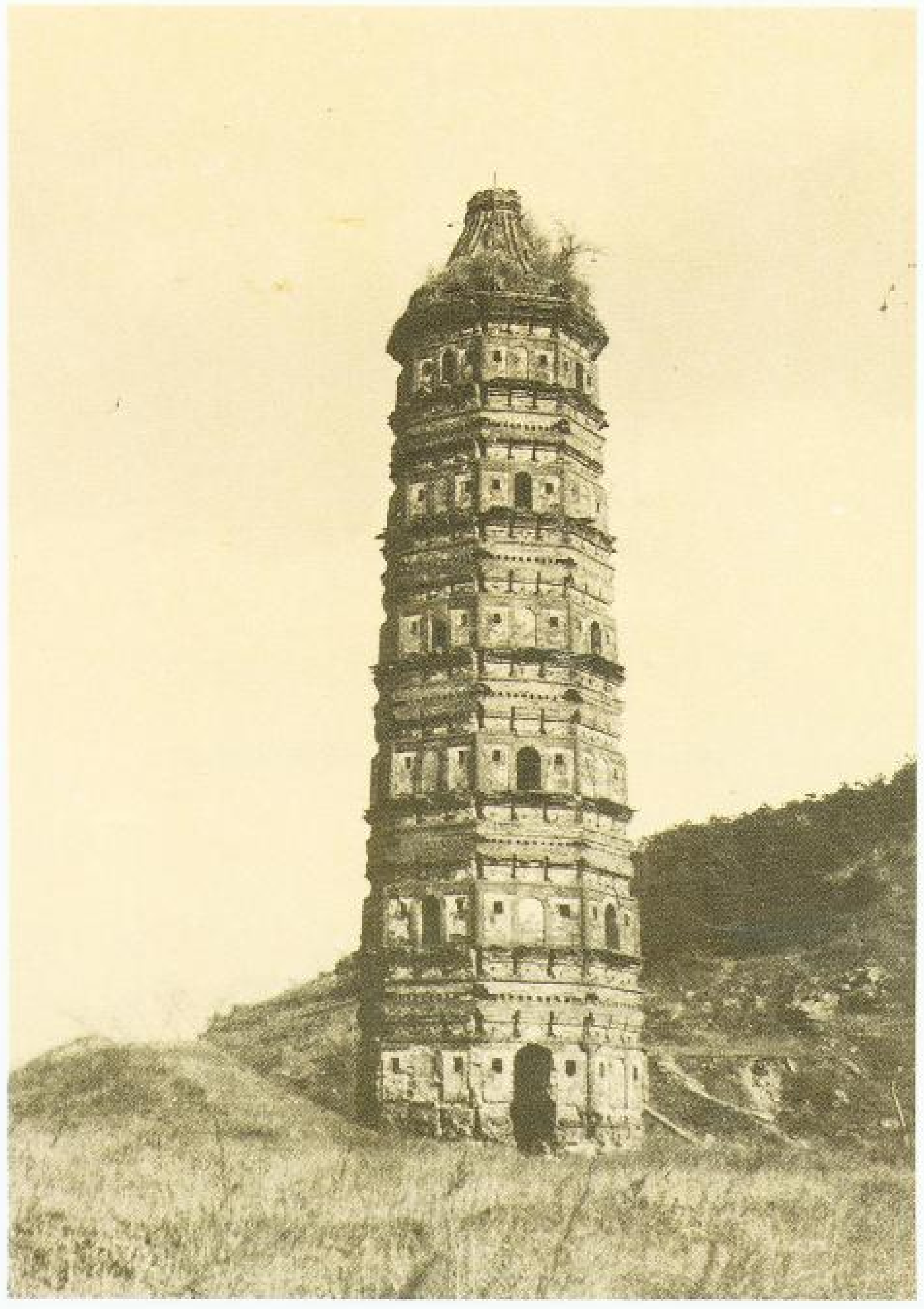


图6-5-31 南京牛首山宏觉寺塔

砖壁上留出狭高的孔眼，其上为铺板枋和楼板；楼板面标高略低于门槛，如南京牛首山塔身孔眼（图 6－5－31）。

（3）出檐构件。分成两组：下为华栱和角华栱，这些是水平出跳构件。其上为斜置构件：角梁和搁于檐槫上的椽；其后尾插入砖壁内，在砖壁上形成分离的椽孔或一排水平凹槽。前者似为砌筑时即逐层架设檩椽，后者则在砌筑完毕之后再架设檐檩，安置椽条于预留的凹槽和檐檩上；前者似能起部分挑梁作用，甚至檐檩已朽断，椽子仍能依赖后尾的嵌入而不坠，但已不能荷重（图 6－5－32）。有时，角梁成为昂形，补间也用斜昂，其上再置檩和椽。角华栱角梁和角昂是最吃重的材料，后尾插入砖壁较深，尤以角华栱为甚，一般达 50 至 60 厘米；跳头则不超过 1 米。所以塔身屋檐的深度，靠加大檐椽和飞檐的出檐尺寸来满足。其出檐比一般木构为大。一般木构，檐椽的出檐部分（檐檩以外）长度，不应大于檐檩以内长度，即檐檩内屋面重（瓦重）大于檐檩外屋面重，基本是靠瓦重来平衡的；砖塔的木檐则反是，因为椽后尾锚固于砖壁内，足以抗衡出檐过重引起的力矩。

（4）凡是砖木混合塔，木构屋檐是必具的部分，但是平坐出跳有限，不能绕塔身外通行，只能偶作塔身外站立用，或只是示意而已。

（5）塔的砖壁向上逐层内收。一般，每层内收一柱径。柱径的尺度，也是大约依照木构比例得出。除了墙身的内收，还加上墙身的侧脚（早期收分显著，晚期多有直立不收者），砖塔的外轮廓遂成为微带弧线的截锥体。砖壁收缩的位置，一般在承椽孔处上方（图 6－5－33）。

（6）墙面。用砖隐出额、槏柱、直棂窗等线脚，阳光阴影反差强烈时，突出醒目，给人以木构件感觉，表面涂土红，与白墙相映，也构成鲜明对比（图 6－5－34）。门口宋代用壶门式，由叠涩砖组成，壶门式上加木板过梁（或在叠涩层中以木板代砖）这是南方砖木混合塔特点，明以后则多用半圆拱券。

（7）角柱。因为模仿木构件，做成圆形。为了减少砍削方砖料成圆料的工料浪费，烧制了一种专用的圆砖，加有尾柄，以便和墙体结合。这

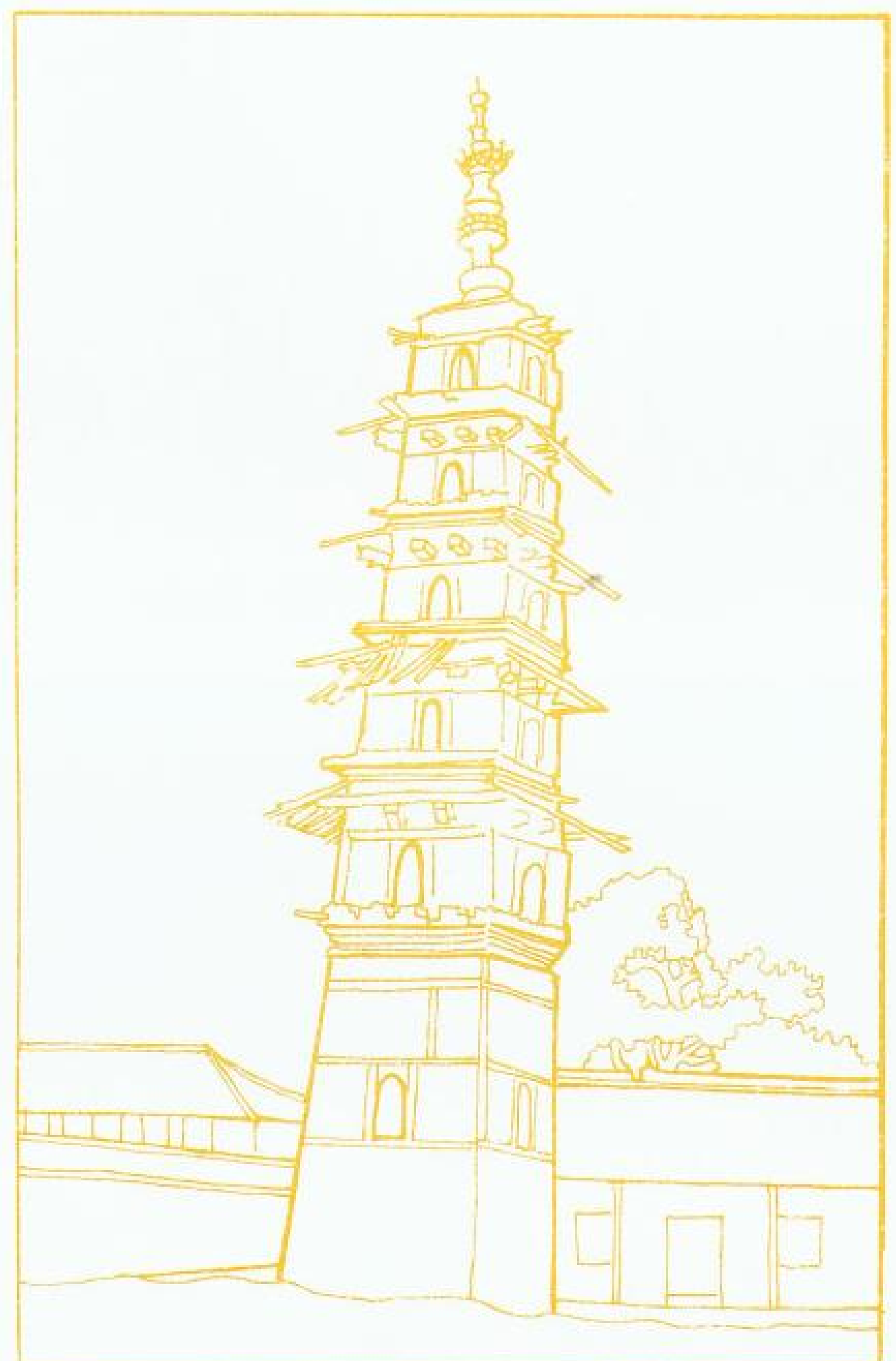


图6-5-32 上海金山华严塔

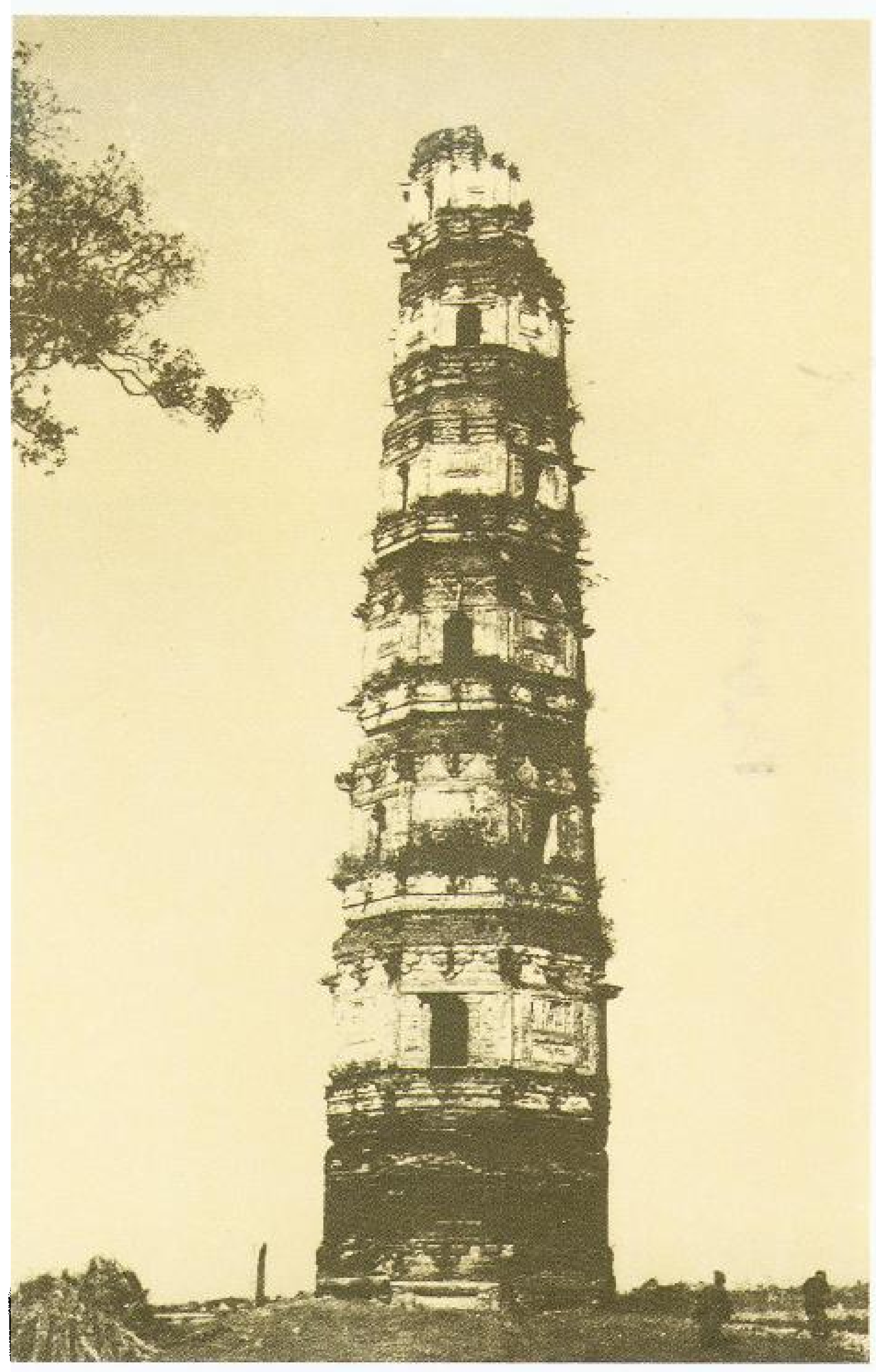


图6-5-33 上海青浦吉云禅师塔外观

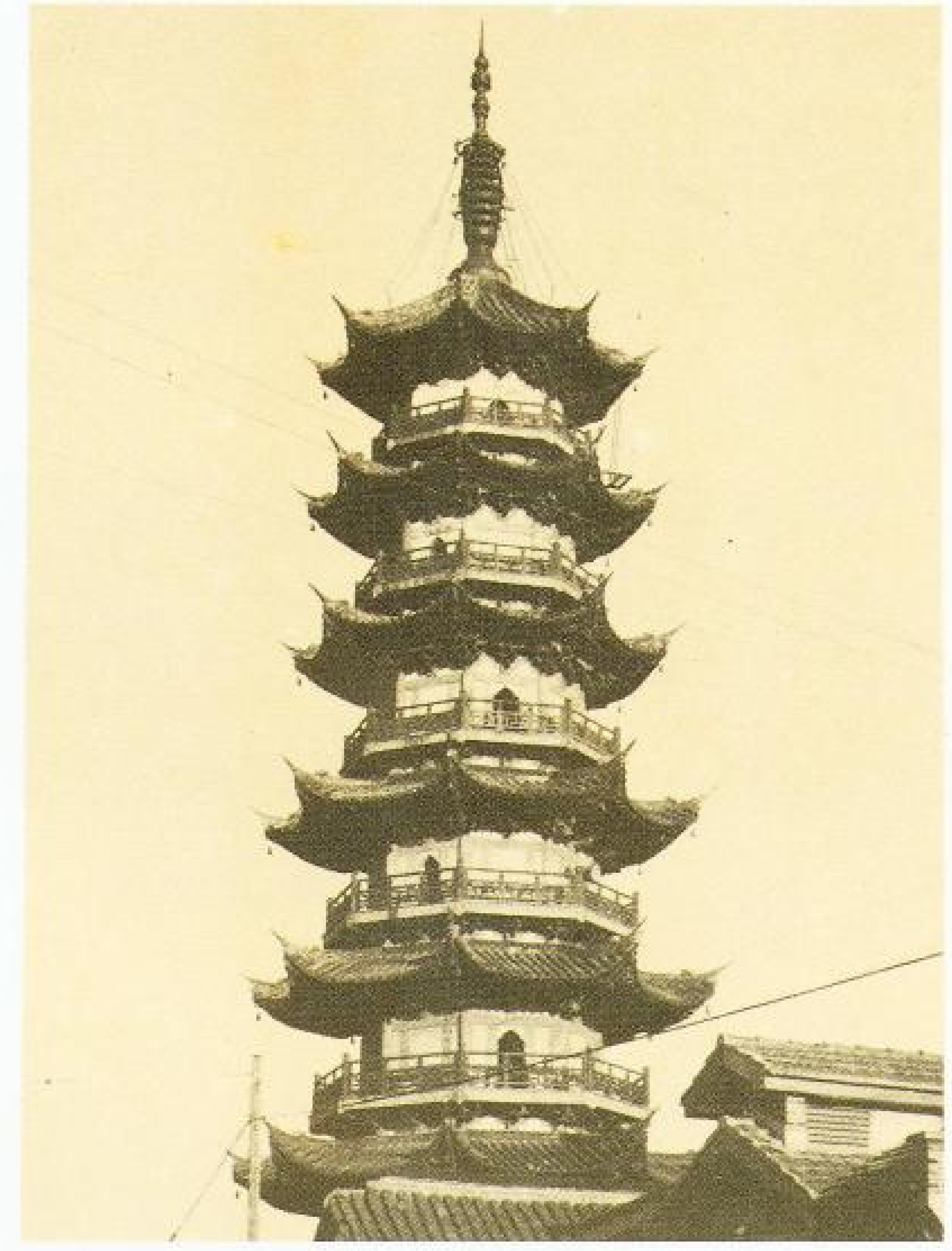


图6-5-34 上海龙华塔

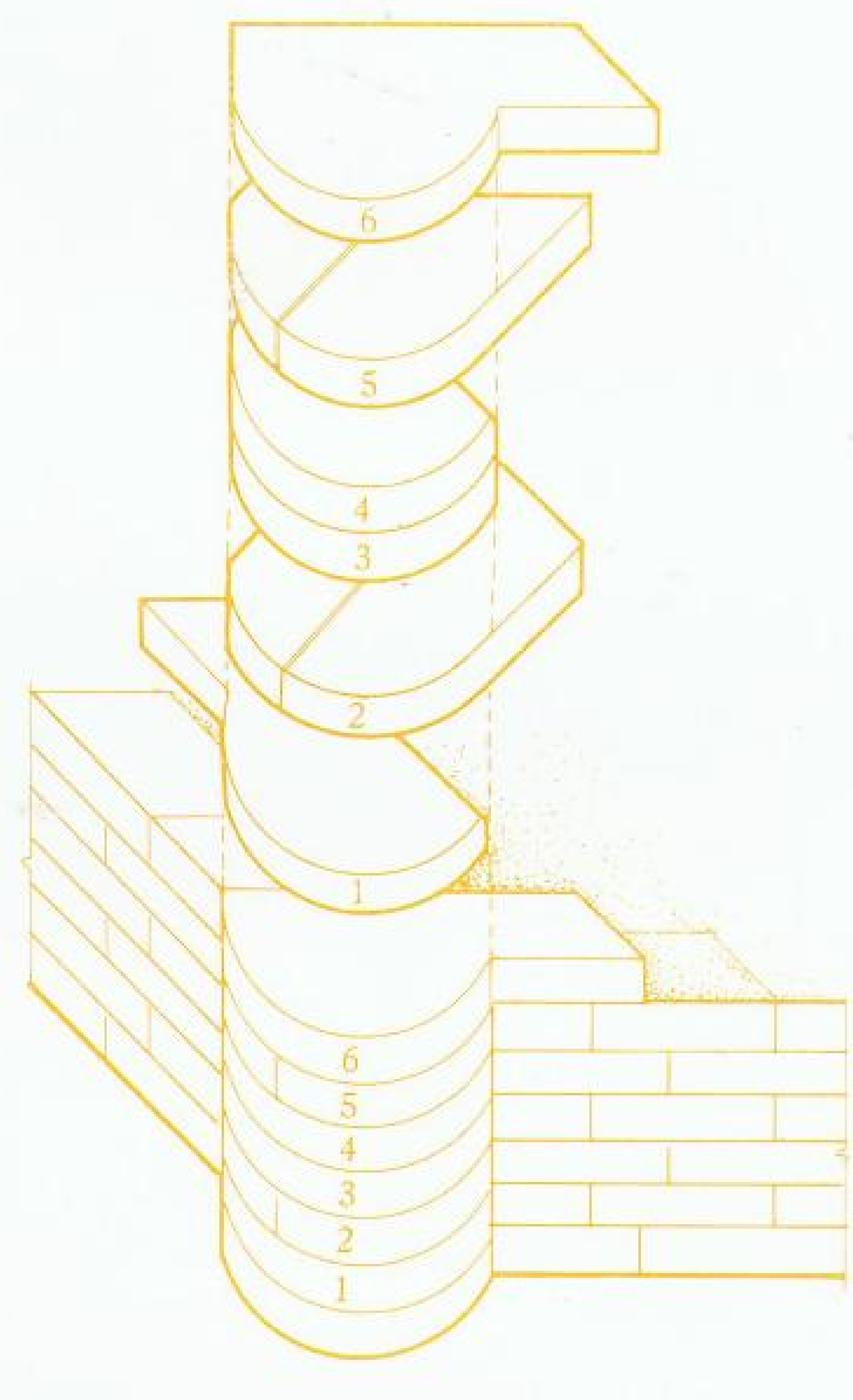


图6-5-35 江苏吴县光福寺方塔砖倚柱砌作示意图

种砖柱坐落在平坐角华栱之上，而角华栱出跳长，吃重大、最易损折，角华栱处墙体出现的空洞也特深、特大，因此圆柱砖是墙身砖件中最易坠落剥离的部分，但对整个墙体不起严重影响。这种圆柱砖一直沿用到明清（图 6－5－35）。

以上所述，为比较典型的宋塔作法，明清则大体沿袭宋式。各层塔身收分与层高的降低并不遵循固定比例，出檐深度变化也并非成比例；有时，轮廓会成为外凸的曲线。看来，古代对于各层高度和出檐，事先有按比例绘制的图纸，按图

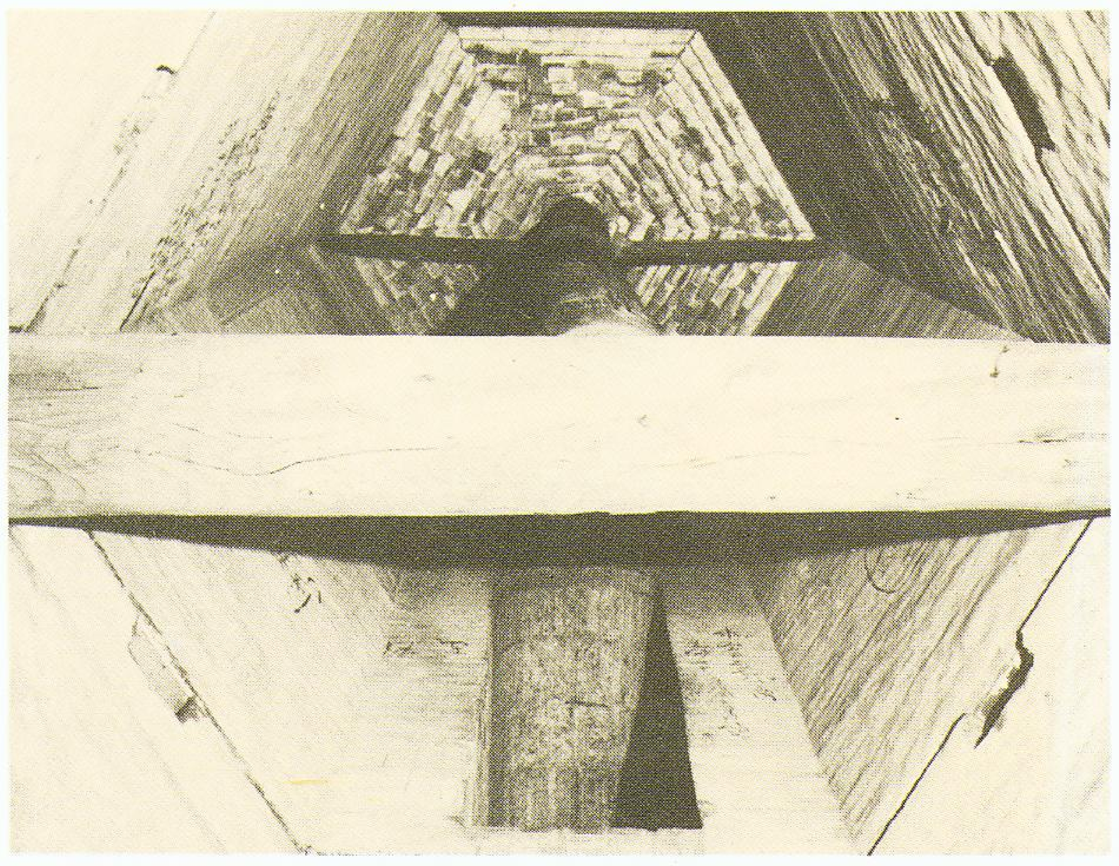


图6-5-36　浙江诸暨娄家荡塔刹仰视

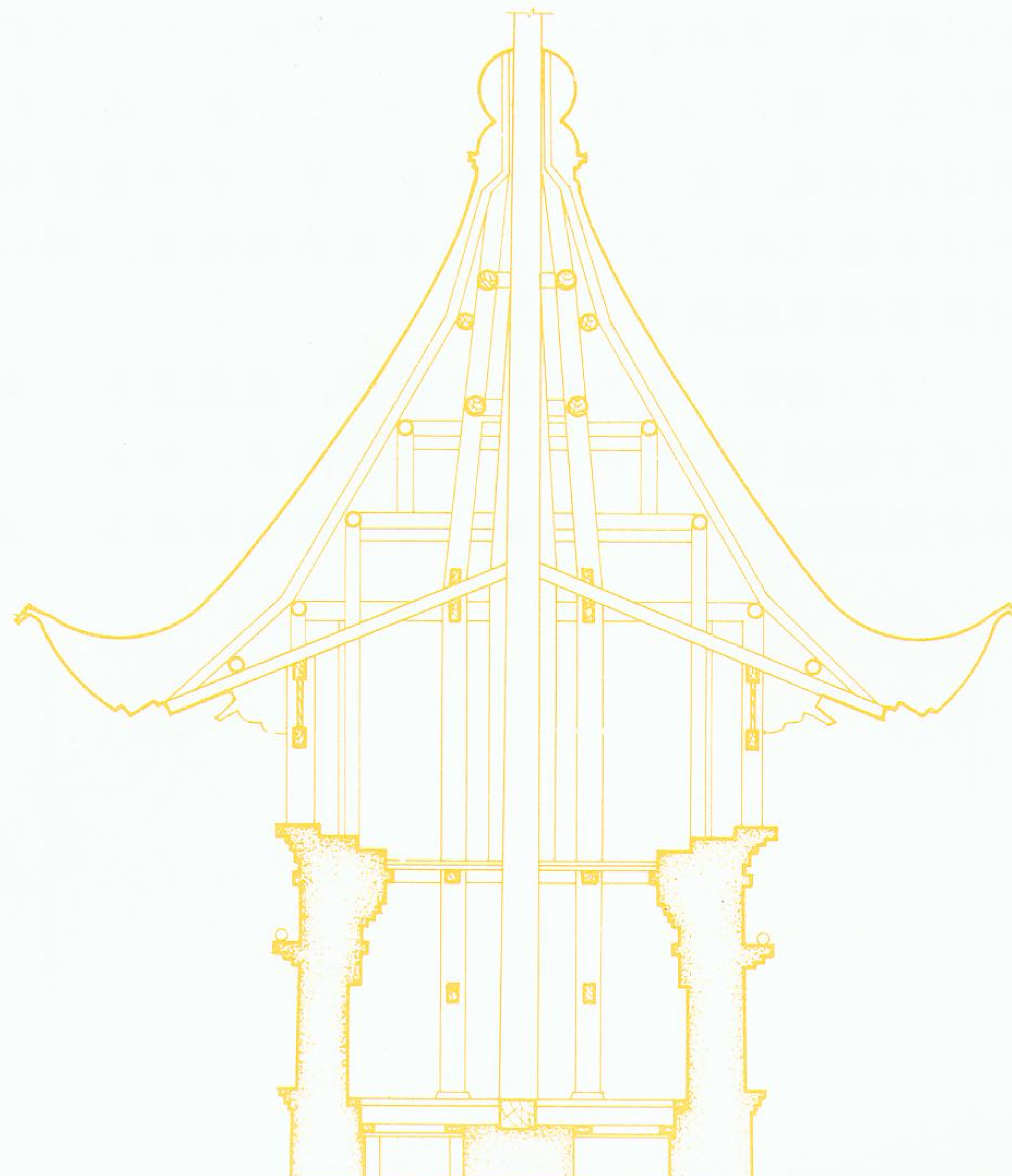


图6-5-38　苏州瑞光塔刹木剖视图



图6-5-39　(3)辽宁宁城大塔细部

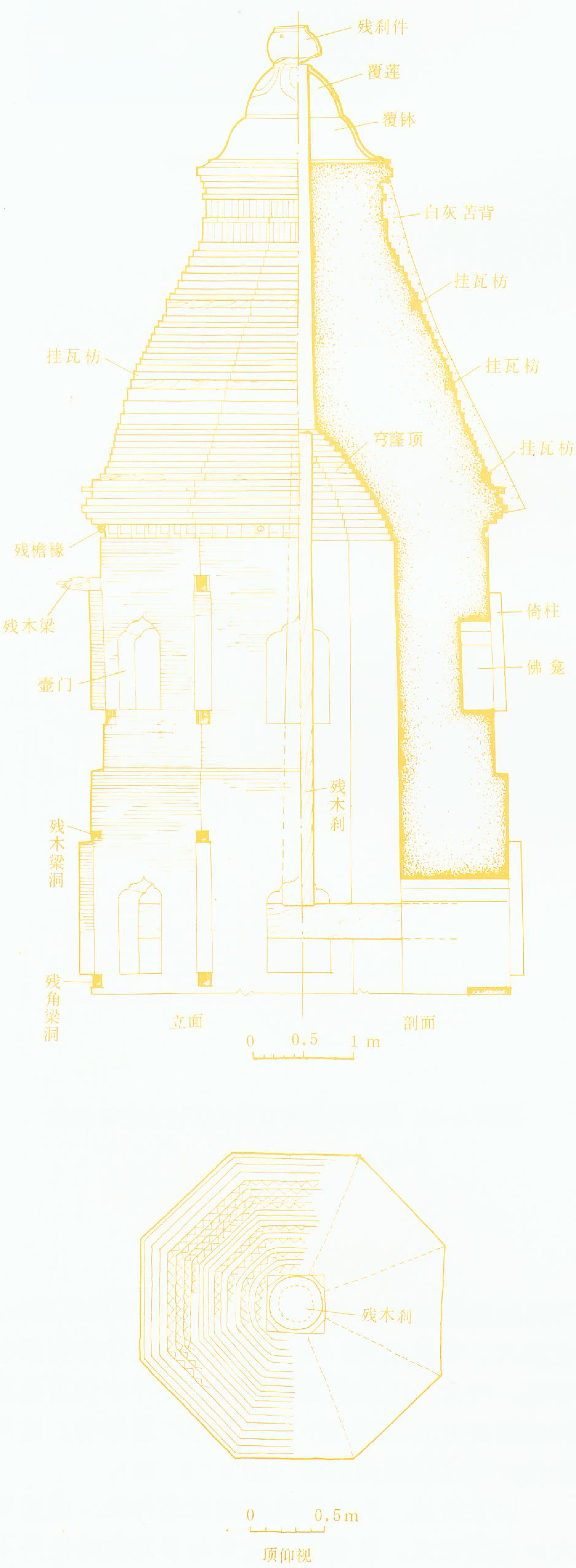
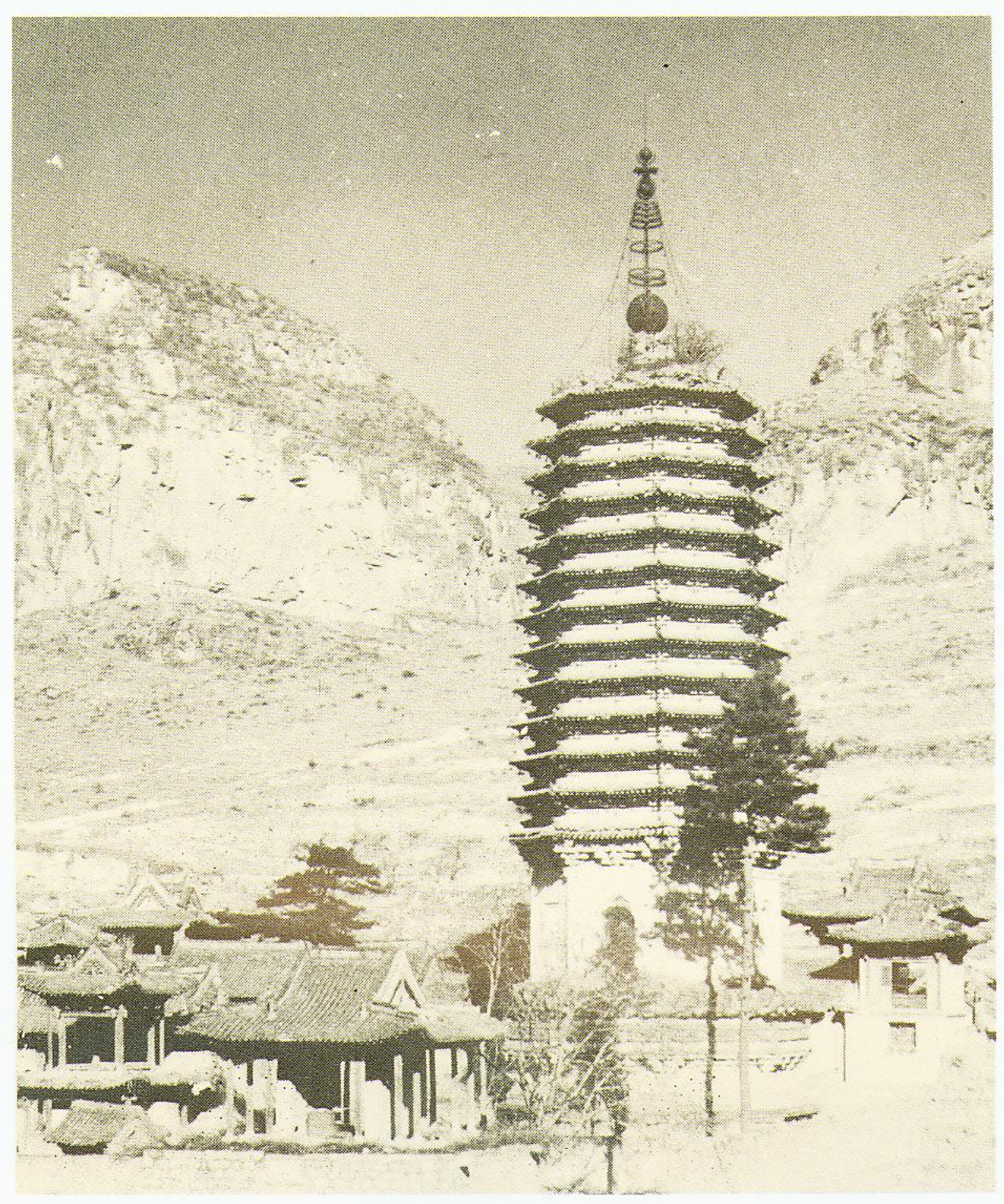


图6-5-37　苏州灵岩寺塔塔顶结构（现状）示意图



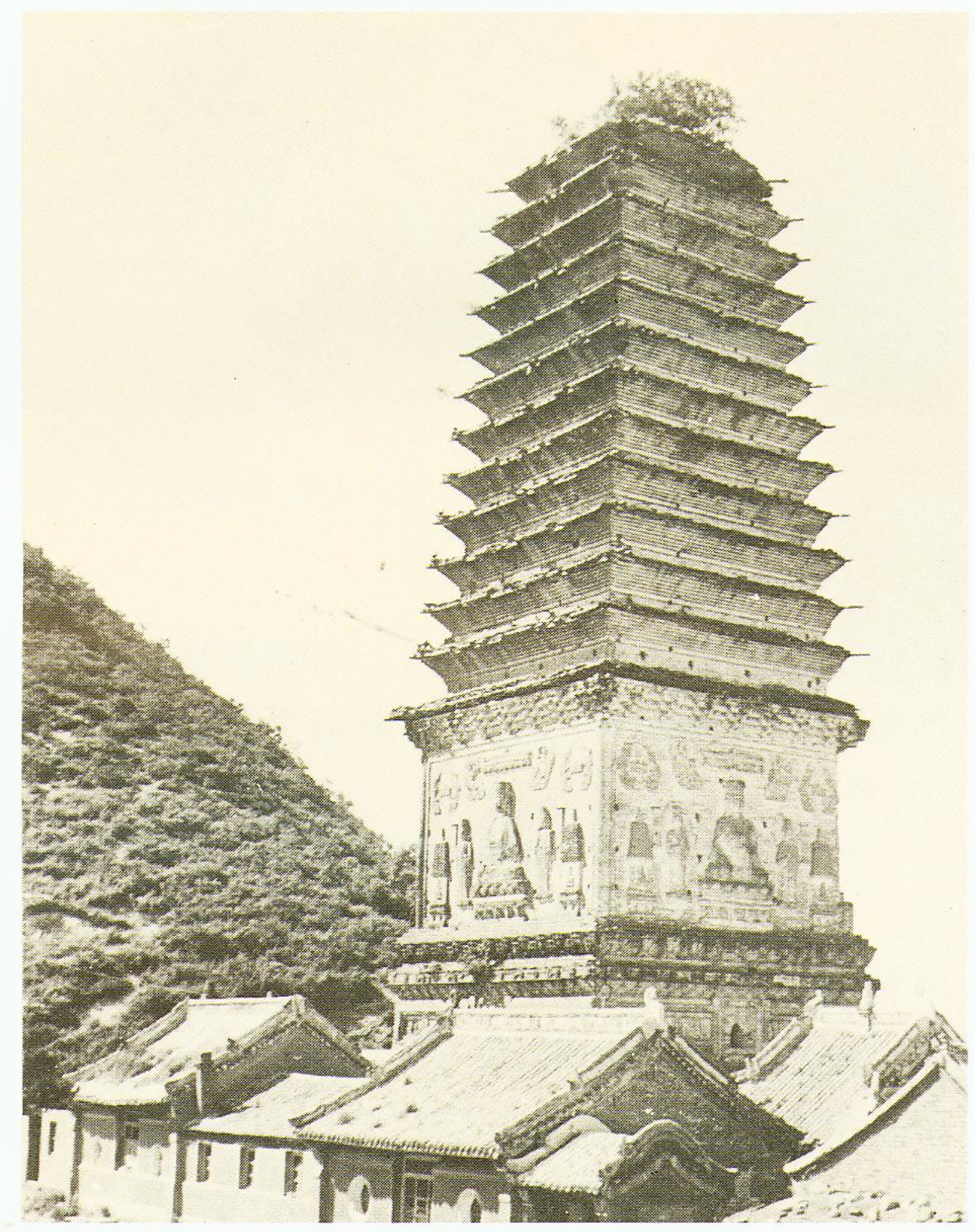


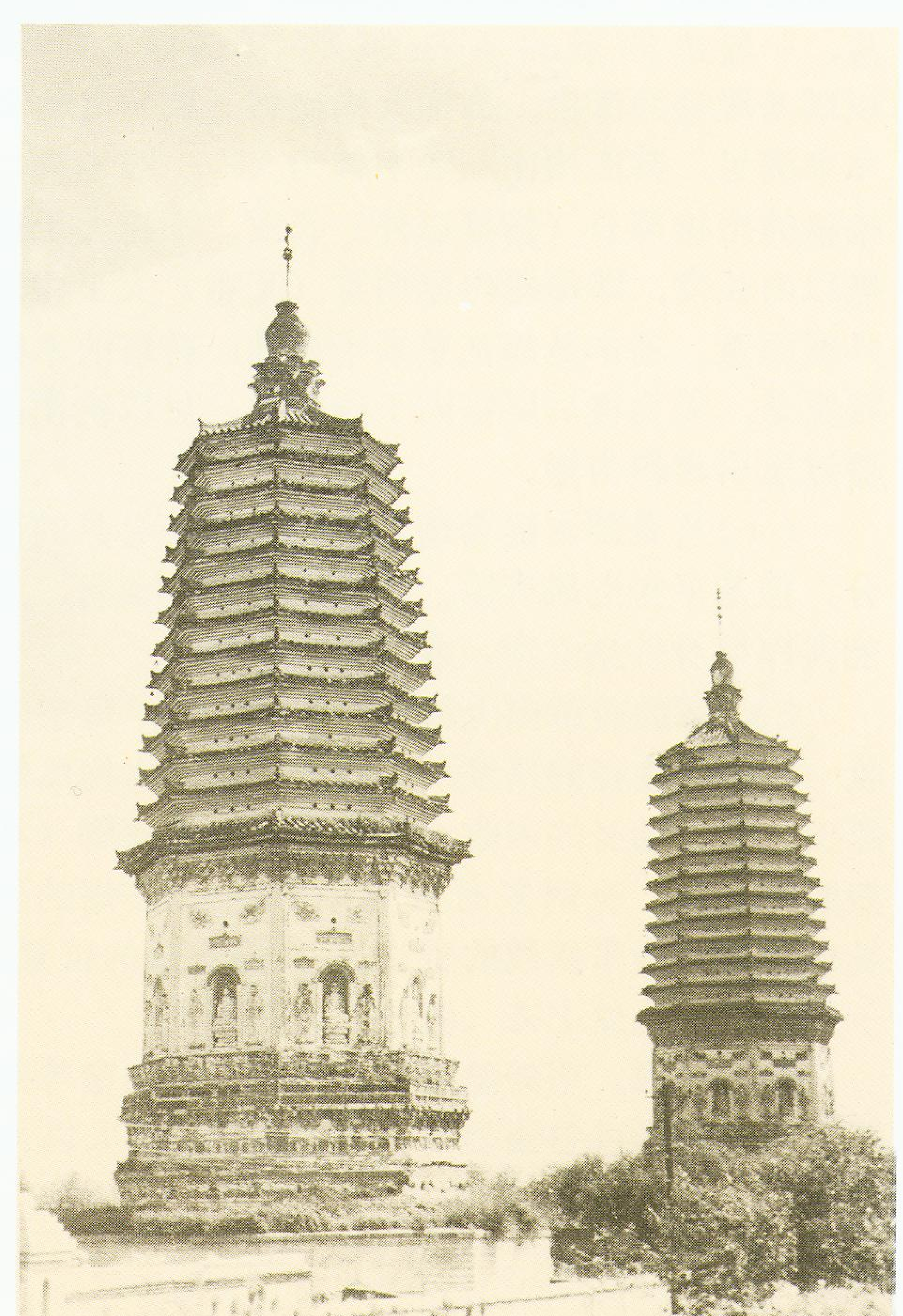
图6-5-39　(4)辽宁朝阳凤凰山云接寺塔

图6-5-39　(1)山西灵邱觉山寺塔

图6-5-39　(5)辽宁北镇崇兴寺双塔

图6-5-39　(2)北京天宁寺塔





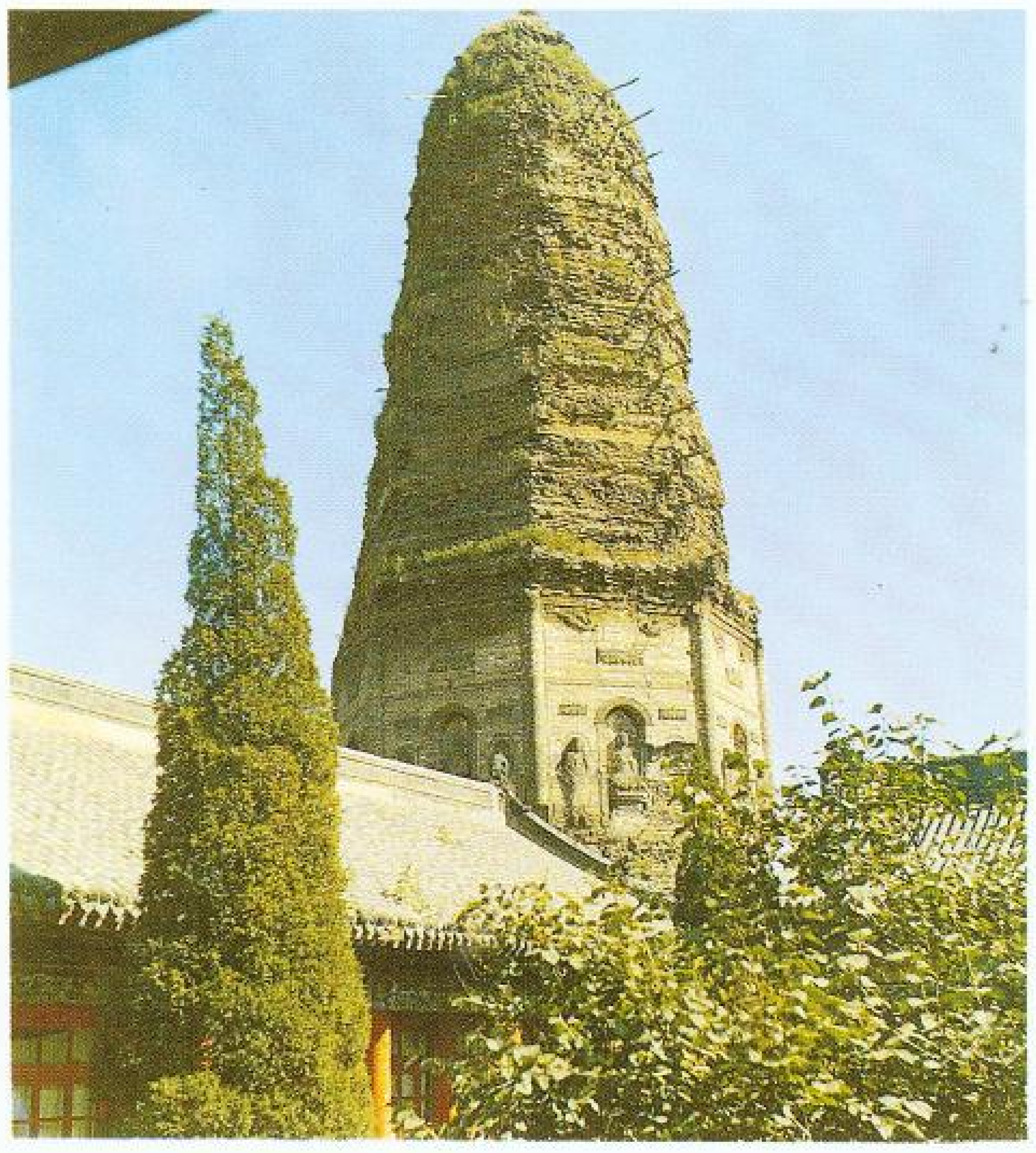


图6-5-39 （6）锦州大广济寺塔

放样，决定主要尺度（层高、出檐）。各塔权衡不一致，有的纤细，有的粗重，有的直线上收而僵直，有的成弧形而丰满。

砖木混合塔的重要特色之一是一律用木刹（固然其他塔式也有用木刹的，但甚少），加上露盘相轮、风铎、铃铎，与木塔特色最为吻合一致。塔刹的长度，一般在塔身内穿透两层；出顶部分，一般较下段为稍短或相等。

刹柱下端用大柁承重，并用枋木夹固（图6－5－36）。大柁往往两料相并。刹柱的中点和上端的固定则分两种办法：

其一，顶层砖壁依预定屋面坡度收分成锥体，内壁也叠涩内收，至已植立就位的刹柱中点包绕其外，缝隙加以填塞，其上用铁（或铜）制复钵盖罨。刹柱出顶部分套有若干金属（铁或铜）件，为相轮，宝盖和顶珠。其近端宝盖处有铁链引向各戗脊下端，锚固于埋设在砌体内的老角梁上。它的作用是制风力引起的刹杆摆动（图6－5－37）。

其二，砌体至顶层墙身为止，不再叠涩内收，塔顶另用木架构成。此时木架各戗柱之间用枋木穿过刹柱，联系成为整体，刹端铁链仍然锚固于埋置在砌体内的角梁上（图6－5－38）。

通常，砖木混合结构塔的底层，有木构的围廊。木廊梁架内侧以塔体为支点，外侧用木柱。由于围廊较深，举高较大，因此，塔身的底层高度，较之以上各层显著加大，几乎相当于两层的高度。根据木梁架的构造，在角砖柱上留的孔眼也较多较大。各塔现存的围廊不多，且均属后世重建；但是，根据遗留的柱础、阶沿石、角砖柱上留下的孔眼，对这一部分的结构尺度和构造方法，容易分析理解。

根据姚承祖所藏家传抄本整理的《营造法原》一书的记载，所谓塔高等于底层周边长度，所指应为围廊的周边总长，证以实物，近似而稍有出入。但是，砖砌体底面积（或底径、底周边长）与高度的比例，出入幅度很大，似无定式（姚氏记载似以光绪重修苏州双塔的工料记录为底本，可作参考）。

在宋代，早期砖木混合式塔的平坐与屋檐二者没有联系；但是在后世重修时，常把平坐的栏干（主要是转角处，也有中间部位）望柱伸高支撑在角梁之下，这样，屋檐戗脊的重量部分由角望柱传递至平坐角华栱上。由于此类塔的屋檐深度特大，这种补救办法，似乎由经验得来，是合理的，但在外型上不如宋式疎朗利落。望柱上端有支点加以固定，对栏干的防护可靠性有所加强，也是好的。后来为了补救角平坐华栱增加的荷载过重，于是在平坐跳头下加短柱，传递荷载于下层角梁上。这样实际把各层出檐的重量，一部分逐级下传由底层的梁架承担了。这种作法，在结构上是有好处的，但失去了木塔外观的特色。

砖木混合塔的平面有方形、六角、八角三种。砖木混合式塔的内部，或为内廊式，或为空筒式，均用木楼层，各层楼层与楼梯的布置构造，与其他用木构楼层和楼梯的方法并无原则的不同。

五 实心砖塔

实心塔全部用砖砌出塔型，从外观看似一坐楼阁，实际是一坐用砖砌成的实心体。它最初用于墓塔和小型佛塔，到辽代将这种实心结构扩大建成高大的塔，用它来摹仿密檐塔和楼阁式塔。塔身布满雕刻，造型美观，成为佛塔的一种类型。

金、元、明、清各个时期，或多或少都建造了实心塔，但远远没有辽代建造的实心塔那样高大精美，也没有辽代那样普遍。

辽代实心塔分布的范围主要是辽宁西半部，内蒙古东部，河北、山西北半部以及吉林西半部，就是辽代当时的几个京城地区。在这个地区辽代遗留至今的实心塔总数大约有百余座。其中一些经后世重修而有所改观。

遗留到今天的有代表性的实心塔，有易县泰宁寺塔，北京天宁寺塔，宁城大名城（辽中京）塔，庆州（巴林右旗）白塔，上京南塔，上京北塔，北镇崇兴寺双塔，辽阳凤凰山云接寺塔，灵邱觉山寺塔，锦州大广济寺塔等（图6－5－39）。

从遗留的大塔进行分析，可以分为两种式样，一种是密檐式塔，另一种是楼阁式塔。密檐式塔第一层塔身特高，从第二层以上做成多层檐线。从唐代开始，塔做密檐式的数量很多。辽代吸取唐代文化，在建造密檐塔方面也大量吸取唐代风格与式样。只是平面改成八角形，而形式没有大变化。辽代密檐塔以易县泰宁寺塔，涿州普救寺塔，灵邱觉山寺塔，北京天宁寺塔为代表作。楼阁式实心塔数量较少。从外部来观察，楼阁式塔与宋代楼阁式塔没有多大的区别。塔身、门窗、檐子等应有尽有，唯独实心体多。如庆州白塔，呼和浩特万部华严经塔（图6－5－40），是楼阁式塔的典型。

无论密檐式塔和楼阁式塔，它们的式样都是同一风格，除个别的塔采用方形平面外，一般都采用八角形平面，在塔的最下边都有一个基坐，基坐有一层或两层，而且都做成须弥坐式，雕刻非常繁琐。塔身亦都施用很繁琐的雕刻，刻出梁枋、券门、佛像、金刚力士、飞天、莲花、彩云和小形佛塔等等。凡楼阁式塔都有塔檐和平坐，檐下及平坐下都施用斗栱，塔面分间，柱头都施用斗栱，一般补间和转角斗栱，做得很丰富复杂。上部做檐枋和挑檐，圆形椽子，方形飞子，在檐下不做斗栱者，常常用一排大莲瓣来代替。不论花样和构造如何变化，全部都用砖砌筑，而且都用磨砖对缝，加工细做，形象与尺度完全仿木结构的手法。这是砖工技术的一大成就。

辽代庆州白塔，位于巴林左旗（林东县）（图6－5－41），八角七层，塔下一个高基座，上再做一个扁座，第一层塔身每面均做三间，在中心处东西南北四面开假门，无门之处当心间设直棂窗，稍间雕出密檐小塔，其余部位为莲花纹飞天等；第二层以上各层，每间均刻出密檐小塔，塔刹部位，用砖砌出一种小型塔，上端做金属相



图6-5-40 内蒙呼和浩特万部华严经塔

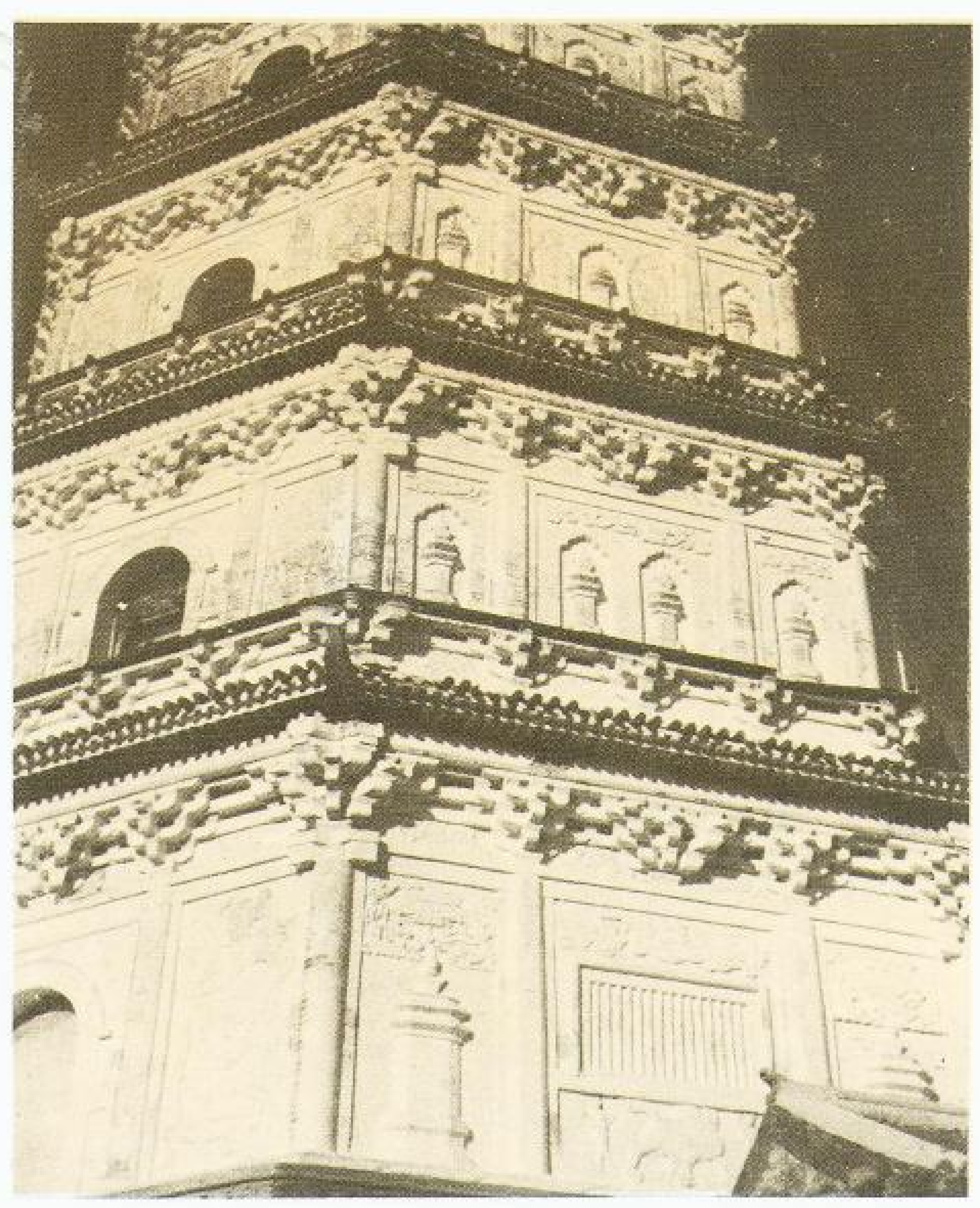


图6-5-41 辽宁巴林左旗白塔局部

轮刹或者用金葫芦刹。

辽代上京南塔在巴林左旗，八角七层，为密檐塔式，下边有一个大型基座，第一层塔身特高，相当于四层密檐，转角使用圆柱，每面构成一间，每间壁面仍然雕出小塔、直棂窗、飞天、彩云、佛像……，正南开券门，内部为一小型塔室供以佛像。凡辽代实心塔常常都有这种塔室，而只在第一层开辟，其他部位全部实心，因此还得算是实心塔。此塔柱头之上用额枋和普拍枋，上部为檐子斗栱，而且层层做斗栱，檐角略有升起，施工造塔时在檐角处都加一条木角梁，使转角处和塔心相连，对砖塔起到加固的作用，同时在角梁头悬挂铜铃。

还有的塔在密檐部位不施用斗栱，用砖叠涩出檐，形制简洁，如辽代中京（宁城县）大塔就是这类塔的代表。辽代中京小塔也是这样的做法。各种式样辽塔，为什么都在第一塔身砌得比较高，并在第一层塔身做出复杂的雕刻呢？第一层塔身高度往往采用人们的房屋高度，给人一种房屋高度的习惯感觉，所以第一层塔身以人的高度视野范围来着眼，适合人们的远近观摩。以上各层的密檐则如同屋顶部分，不过等于将重檐加多，象征屋顶的意义。

塔心内部构造方法，当施工时，先砌外壁，接着就将内部填砖砌平，逐层高起，而将塔心即都用砖砌平，有的砖塔内部即用小砖，大砖根据平面需要砌平。基本上按层，但内部砌砖没有严格规律。如河北丰润县天宫寺塔，由于唐山地震第一层壁面塌落，可以看出内部砌砖方法，砖层砌法虽然有一定的规则，但是并不严密。如第一皮砖斜砌（左向45°），第二皮直砌，第三皮横砌，第四又斜砌45°，第五皮为斜砌（右向45°）。而且内部砌的规格不一，大小不同，在斜角部位常常用小砖块。在塔外壁面砌砖方法大部分是二皮顺砌一皮丁头，有的均用顺砌，丁头不露在外部。砌砖使用的灰浆全部为黄土，或在黄土中加入少量的白灰。此外在辽塔中因为雕刻花纹多，故常用磨砖对缝砌，这样多用白灰渗浆，内部结构全部用黄土泥浆。

关于塔身半圆雕和浮雕、斗栱、柱子等等均采用预制方法，事先进行砖刻、雕凿、镌刻、磨制等加工过程，还有的在制造砖坯时就预制好的，然后应用。

辽代实心砖塔实例

地　点	塔　名	平　面	层　数
易　县	净觉寺塔	八角形	13
北　京	天宁寺塔	八角形	13
涞　水	西岗塔	八角形	13
宁　城	中京大塔	八角形	13
林　东	白塔子白塔	八角形	7
林　东	上京南塔		
辽　阳	白塔		
北　镇	崇壁寺东塔	八角形	15
锦　州	大广济寺塔		
农　安	龙弯塔	八角形	13
灵　丘	觉山寺塔		
房　山	云居寺南塔	八角形	11

在辽代砖塔中具有强烈地摹仿木构建筑的作风，这是辽代和同时代宋代砖塔的基本特征之一，它影响到后期砖塔的仿木结构的形制。在我国历史上长期以来都采用木构建筑，人们对木结构建筑非常熟悉，而且非常喜爱，用砖造塔时，也要反映出木结构式样，这就表现传统观念给予建筑型式的影响。

六　塔的壁体构造

(一)墙　　身

古代砖塔，都用砖砌出很厚的壁体，承受上部传递的压力，才能达到坚实稳固的要求。特别是空筒结构的塔，一切重量靠外壁来承担，所以做成厚壁是非常必要的。壁内折上结构的塔，因为登塔的梯级砌筑在厚壁中间，如果外壁体太薄，在结构上是不安全的。

早期的塔壁构造一般从基础开始用砖砌壁体，直接从地面开始，不加基座。到宋、明时期，塔壁下部用砖基座或用石块砌筑基座，特别是明代以后，用石块砌塔的基座（台基）就用得更多了。塔壁部分砌砖，一般都采用顺砖平砌，内外相同，中间夹砌碎砖或块砖，随意填砌。壁体表面砌砖方法：唐代砖塔常用一层丁头、三层顺砖、互相叠错的方式；宋代砖塔砌法主要是采用一层丁头、一层顺砖、互相叠错的式样，也有顺砖连续交错砌筑；明代砖塔砌法，除了采用宋代的一层丁头、一层顺砖、互相叠错砌筑外，还采用在一层中，顺砌丁头间砌，各层相闪，这是历代砖塔砌筑的基本特点（图 6－5－42）。

塔的壁体，为了稳定起见，越往上体积越收小。同时塔身壁面随之向里收，产生了侧脚。还有的塔，墙壁砌成向内凹的弧面，这就产生施工砌墙的复杂性。如：山东济南九顶塔，安徽宣城景德寺塔就是这样砌法；南方与北方各有一些例证，不过为数不多。

宋、辽、明各时代砖塔随着仿木构外形手法的发展，在塔身上砌出倚柱、梁枋、斗栱、门窗、龛头、壁柱、垂莲柱、浮雕和半圆雕等等，均用砖砌出，增加砌砖的复杂程度。倚柱的砖采用预制砖，斗栱用砖也是采用预先烧制的砖，棱角制做非常整齐细致；施工时，用这种预制构件进行安装（图 6－5－43）。

塔身壁体的门窗，是施工重要部位。在一座塔上，门窗洞口位置有很多方式，有的在一条直线上上下对直，有的隔层相闪。一般看来，凡唐代砖塔门窗洞口多是上下对直，如西安大雁塔就是这个式样。宋塔则隔层相错的较多，最早一例为苏州定慧寺双塔，以后成为较普遍的方式，南北均有不少例子。门窗洞券拱的式样，有券洞、壶门、椭圆、方形、圭角形等。北方砖塔绝大多数都是采用券洞式。南方砖塔则主要为壶门式，特别是江浙一带砖塔，如苏州北寺塔、罗汉院双塔、虎山光福寺塔、苏州虎丘塔、九江琐江楼塔等，但也有从壶门上进行变化为凸形，江西能仁寺塔，就是这个样子。这种壶门式窗头，是宋代

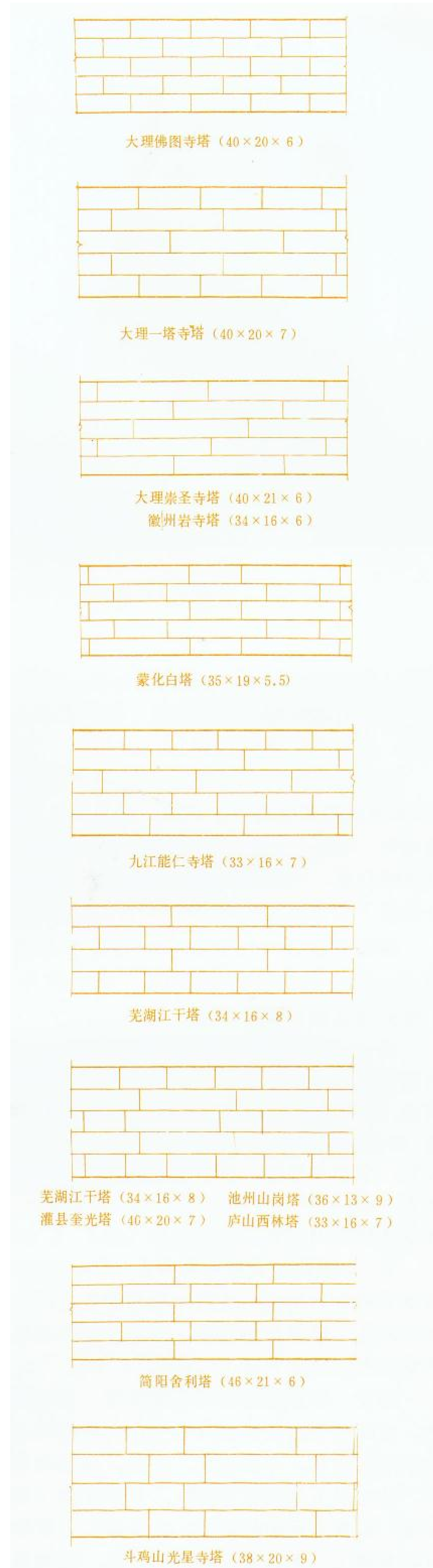


图6-5-42　塔外壁面砌砖法（单位：厘米）

风格。椭圆形为数较少，如陕西兴平县兴平砖塔就是一例。还有开方形窗，平拱拱窗头，如浙江余杭功臣塔开平拱窗头式样。门窗洞口式样，还产生真窗与假窗两种，假窗主要是由于楼梯所影响不能开直窗，从远望是为了统一风格做出的。

上下门窗位置相闪，是为了避免在砌体上出现开口过于集中的薄弱部位。当外为八角、六角

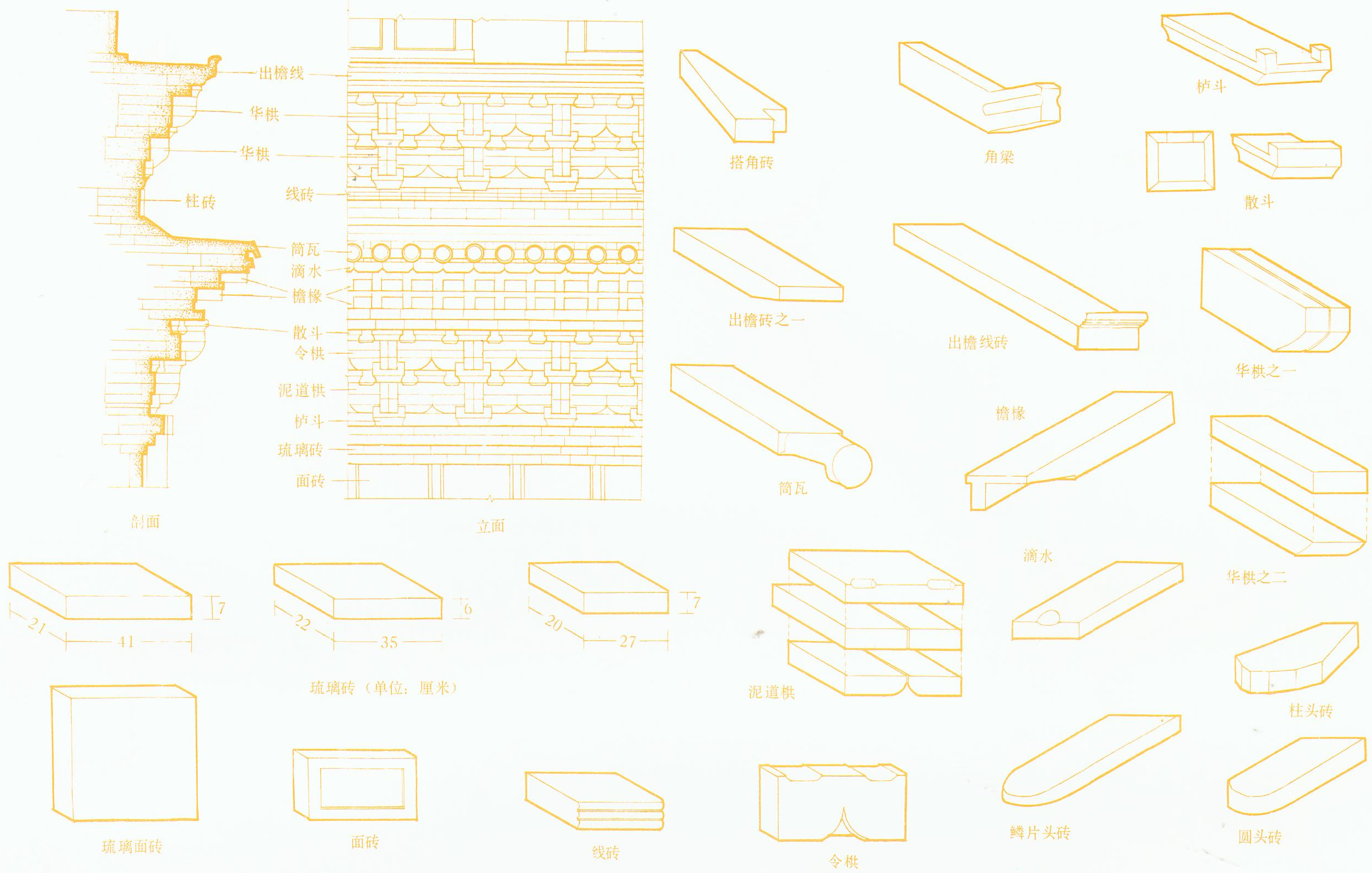


图6-5-43 （1）河南开封祐国寺塔外檐琉璃砖图

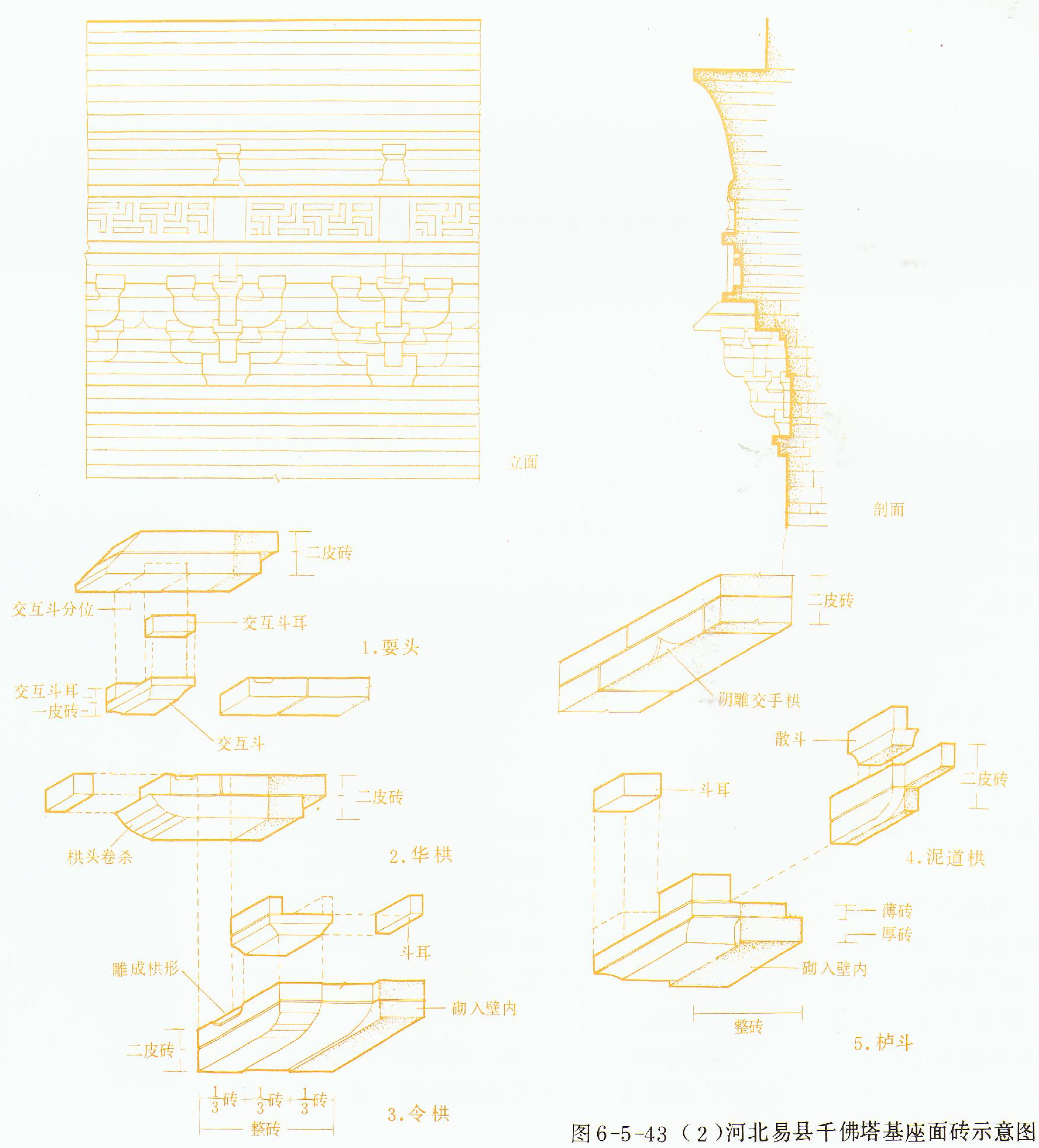


图 6-5-43（2）河北易县千佛塔基座面砖示意图

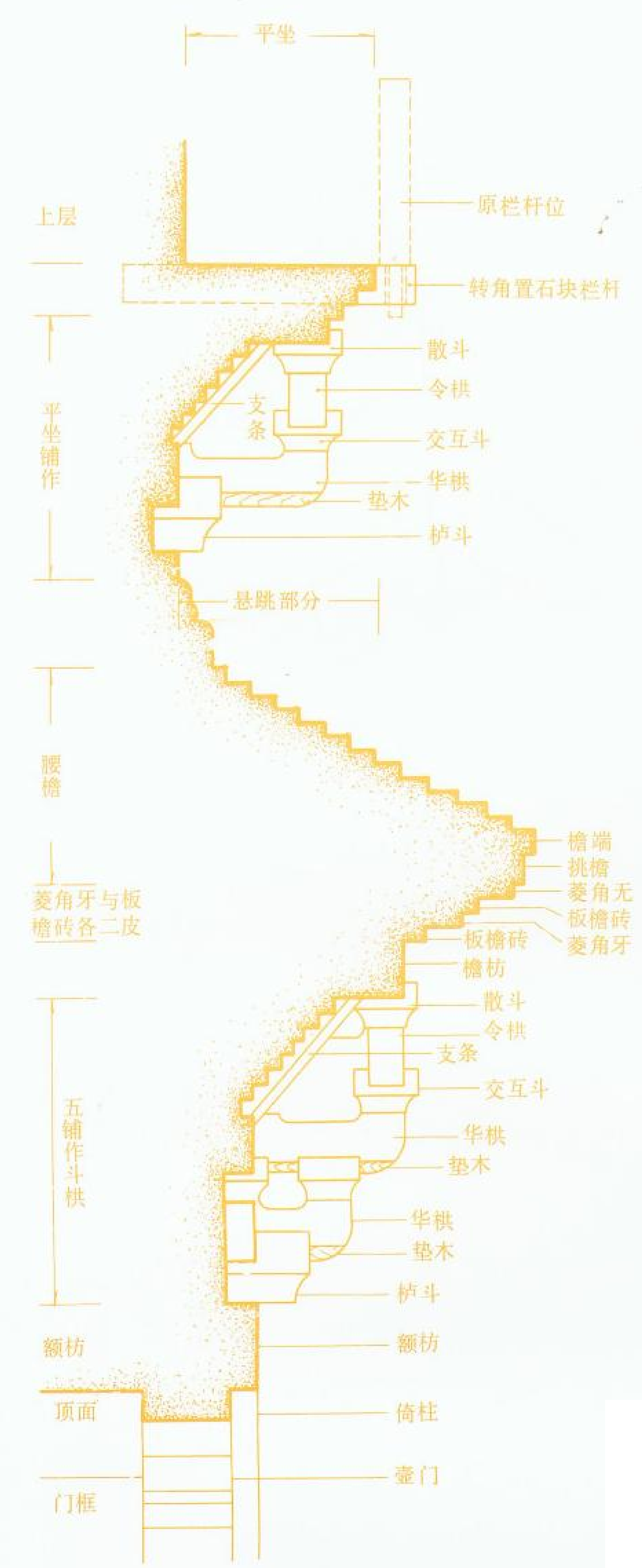


图6-5-43（3）苏州云岩寺塔外挑檐示意图

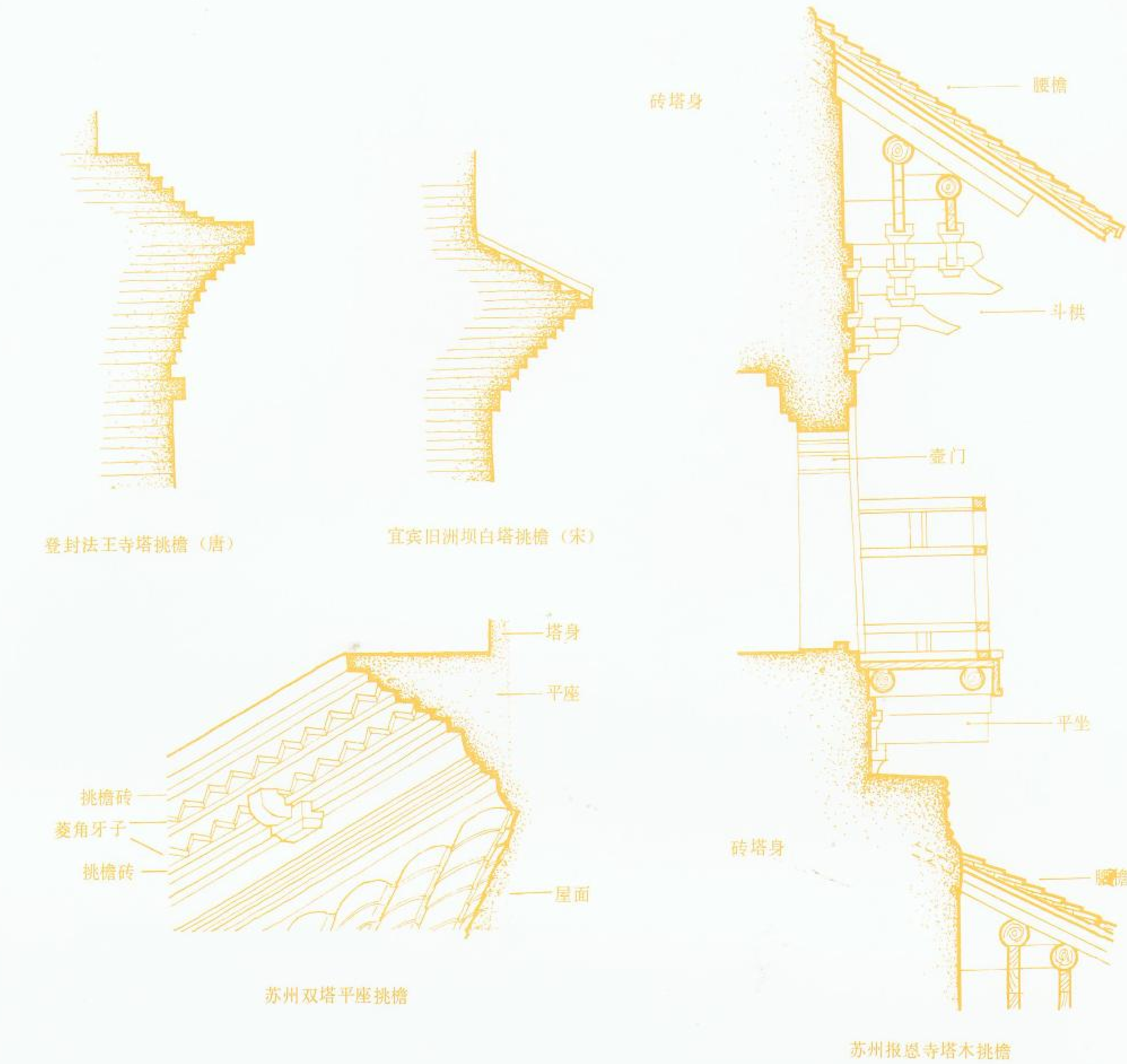


图6－5－43（4）砖塔出檐做法示意图

形，而内部为方形井状的塔体时，方井也逐层成45°相闪，同样也是为了避免薄弱部位集中在同一垂直面上，如上海吉云禅师塔（图6－5－44）。

壁龛是在塔的门窗部位两侧壁面上砌出的一种小方洞，用它供祀佛像的叫佛龛，燃灯的叫灯龛。灯龛，在宋代砖塔上比较多，它的尺度以20×30厘米，深度15厘米为最常见，大小一致、棱角整齐，是塔壁上一项重要设施。早期的塔壁面平整，装饰极少，宋代起砖塔壁面开始花样增多，摹仿木构建筑，有槏柱、槛墙、角柱、梁枋、斗栱等等，因为是严格的摹仿木构建筑，在砌塔壁时极其复杂。

带有平坐栏杆、斗栱的塔，构造非常复杂，特别是平坐斗栱，花样很多非常繁复，尤其是宋辽砖塔，在斗栱中还出现45°、60°斜栱，全部是用砖砌出的，都是磨砖对缝，质量很高。凡砖塔在砌砖时，不细加工者，均在外表面上涂抹白灰。

关于塔的壁面上镶嵌石刻构件之类，这是常见的，一般都放在重要部位，并且作为重点装饰，其安装的部位如：门楣、石柱、石斗栱、石门框及石窗框。由于开采石工价格高，又不易运输，所以在砖塔上使用石构件较少。唐代砖塔，在门的部位常用石条镶嵌，如西安大雁塔门楣，大理南沼的一塔寺塔门框等。宋代砖塔采用石材做基座的不少，四川大足县北山塔，平面八角形，在每个转角都建立一根石柱，做雕龙缠柱。九江能仁寺塔、琐江楼塔、庐山东林寺塔都用石做斗栱。

此外，在砖塔壁体中也加用石构件。如在塔的天花、穹窿以及叠涩栱顶等处用石材，用以代替易于裂缝、脱落的砖砌体。

（二）出　檐

从各种类型砖塔的分析中，看到砖塔的出檐方式有：木檐，砖木混合檐，砖石混合檐，砖叠涩檐。实际上，基本只是两种：以木料和石料作悬臂梁承载出檐重量的檐以及用砖石叠涩构成出檐。也有下一半为叠涩，上一半用木、石料挑出的混合方式。

用木料和石梁的方法，已见本节“砖木混合式塔”，现在着重分析砖叠涩出檐（或平坐）的构造。

砖叠涩出檐是早期砖塔已有的古老方法，它无疑来源于汉代砖墓顶部的叠涩结构。不过可以看出，古代人们对于砖的材料力学性质早已有所认识，表现在叠涩所呈现的曲线上。我们已经分析过，砖叠涩的原理，是建立在利用砖的抗剪强度而不是它的耐压强度（如栱券那样）的基础上

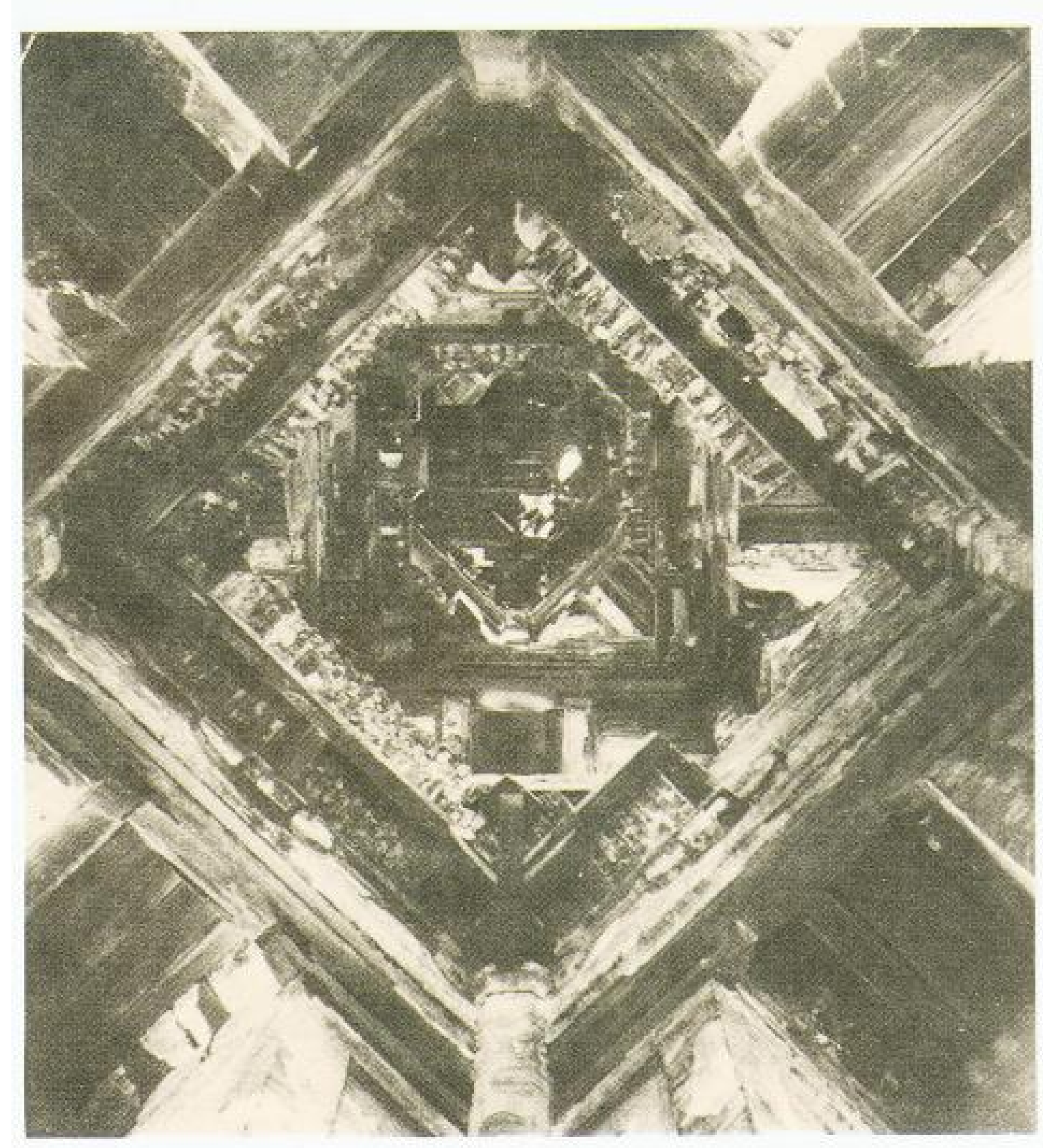


图6-5-44　上海青浦吉云禅师塔内景仰视

的。砖的出跳超过一定限度（砖厚与出跳长度的比例）砖的应力就从剪应力为主变为弯应力为主，砖是抗拉较弱的材料，容易被折断。因此，某一出跳长度，所承载的重量有一定限度。

究竟重量与出跳的极限尺度的关系究竟如何，没有明确的记录来证明当时人们的认识水平；然而那时的叠涩结构确实向我们证明了，当重量不是正比例增加时，出跳的减小也就不应是直线而是曲线关系。我们看到：叠涩结构檐部的出跳，由下而上，呈一曲线，是完全合乎这个道理的。这也可能出于视觉要求的关系，用柔和优美的曲线来替代僵直的线条（这正是砖砌体容易产生的

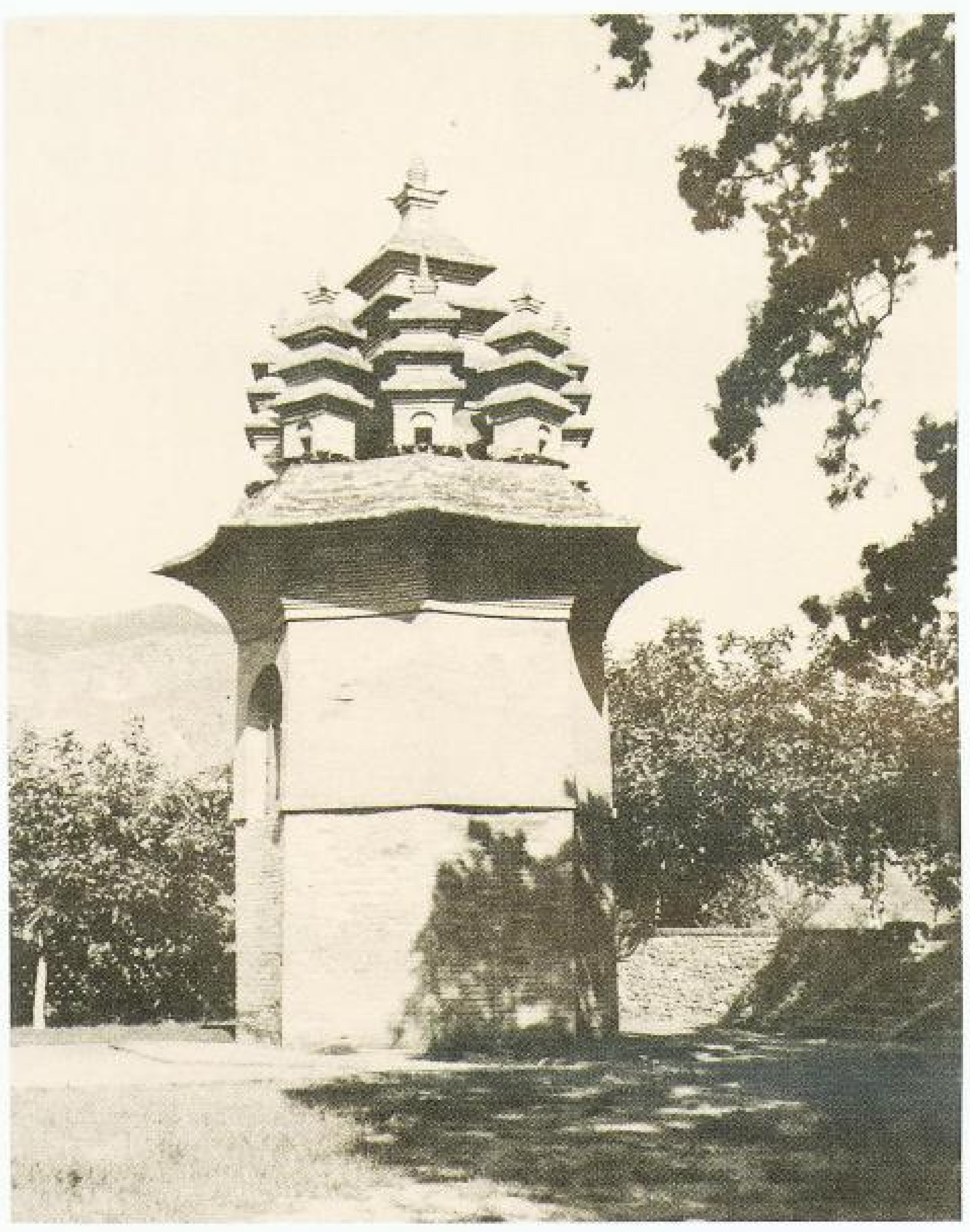


图6-5-45 济南九顶塔

感觉），不过，它同时当然必须立足于力学的可能性基础之上（图 6－5－45）。最合理的结构形式，必须是最大限度地发挥材料的力学特性。

这种早期叠涩，我们常见它的剥落（由于砌筑方法不妥产生），却很少发现折裂。因为，早期习惯用砖的长边向外，引起内皮压缝很浅，稍有走动（灰浆冲刷流失或冰冻破坏），即易坍落。关键是须有丁砌砖层较牢地与内层咬合。于是出现“菱角牙子”的砌法。这种砌法，早在唐代已经有了（兴教寺玄奘塔）。随后，我们又看到侧砖砌法。后者一定程度上，还可以减少砖的用量，减少静载，因此更为合理。

平坐与屋檐不同，它须考虑人的活载，而且力的作用的部位从近墙直到边缘，因此不象屋檐只是自重静载问题。于是，平坐常以较陡的斜线叠出，不呈现越远离墙面越平缓如屋檐处的曲线现象。有些例子（如定县料敌塔）为了保持叠涩的弧线，在平坐的叠涩砖上层出跳较远的砖层中，增加了木梁来实际承受平坐活载，作为补救。

由这些比较可以证明，古代人们对砖的材料物理性质和不同的荷重情况以及为此采取区别对待的结构方法，确有较细致深入的观察和理解。

（三）抗风、抗震

对于象砖塔这样一种高耸的结构物，它的结构要求，在静荷载情况下，主要是胜任本身自重和楼层重，以及附加的木构件如外檐、平坐、刹杆（以及所附的金属件）的重量。这一问题，由砌体的允许荷载是否与静载平衡来确定。我国古代砖的质量是好的，砌法基本是合理的；一般说来，砌体的厚度，由上而下递增，也是符合逐级向下传压增加的要求的。不过，总是嫌厚了一些。特别是底层，远远超过由现在砖石结构技术观点所要求的必要厚度。这一现象不是简单归之于缺乏砖石结构理性认识，处于经验阶段所可解释。事实上，这即是对抗风抗震要求的一种措施。

风压和地震横波，虽都是水平作用力，但二者是不同的，风力的作用点是地面以上，地震横波的作用点则是结构物的基底。

在近代的高层结构体（烟囱、水塔等），抵抗风压强调结构的整体性以及结构物与基础的整体性（竖向加筋）；在此前提下，扩大基础（板状）加筋面积，以平衡风力引起的弯矩。古代则不然，那时没有实现结构整体性的有效手段，基础与塔身不是整体，因而要依靠：1.降低重心，减少力矩；2.增加砌体本身自重，以增加与风力平衡的反力矩。二者所得的结果是：①加厚以增加墙身自重；②以较大的比值由上而下增加砖砌体的截面积以降低重心；③增加底层面积以加大反力臂。早期砖塔，此类现象相当显著（例如大雁塔），以后略为减缓，但基本原则仍然保持。

地震横波的冲击短暂而强烈，其方向是往复的，对结构体产生由惯性引起的力矩。结构体自重大，惯性也越大，这样，自重又成为不利因素。同时，对结构体破坏最大的是中性轴处产生的纵向（轴向）剪力；一般说来，这即是砖塔门窗开口集中的部位，因而又是砌体强度薄弱的部位。此外，当作用力沿砌体多角形平面的对角线方向时，对应的尖角处砌块常会因超过抗压强度而剪裂。因此，避免较锐的角度（90°）改用钝的角度（>120°）是有利的。这样可以减少角尖处应力集中。由于这样的考虑，我们看到砖塔砌体避免使薄弱环节集中在一个中性面上使逐层门窗开口相闪错开；改用六角形、八角形平面；在保证降低重心和有足够底面积情况下，适当减轻自重，这些措施，也是合理的。前二者对抗风也有利。

从中国古代砖塔的实践看来，由于风荷载是常有的（季节风盛），而地震比较少，因此，较为重视抗风。在所知记录中，毁于风灾的甚少（主要塔刹易受风灾），毁于地震较多。

就已知的著名震害例子来看：

西安小雁塔（图 6－5－46），它从中分裂为两半，就是中性轴处剪力破坏的显著结果。这是发生于 1555 年（明嘉靖三十四年）的一次八级地震的后果。震中位于华县，横波的方向是东西向，因而，沿南北向砌体薄弱处——门窗集中的中线开裂。不过，尚未达到完全坍毁的程度。

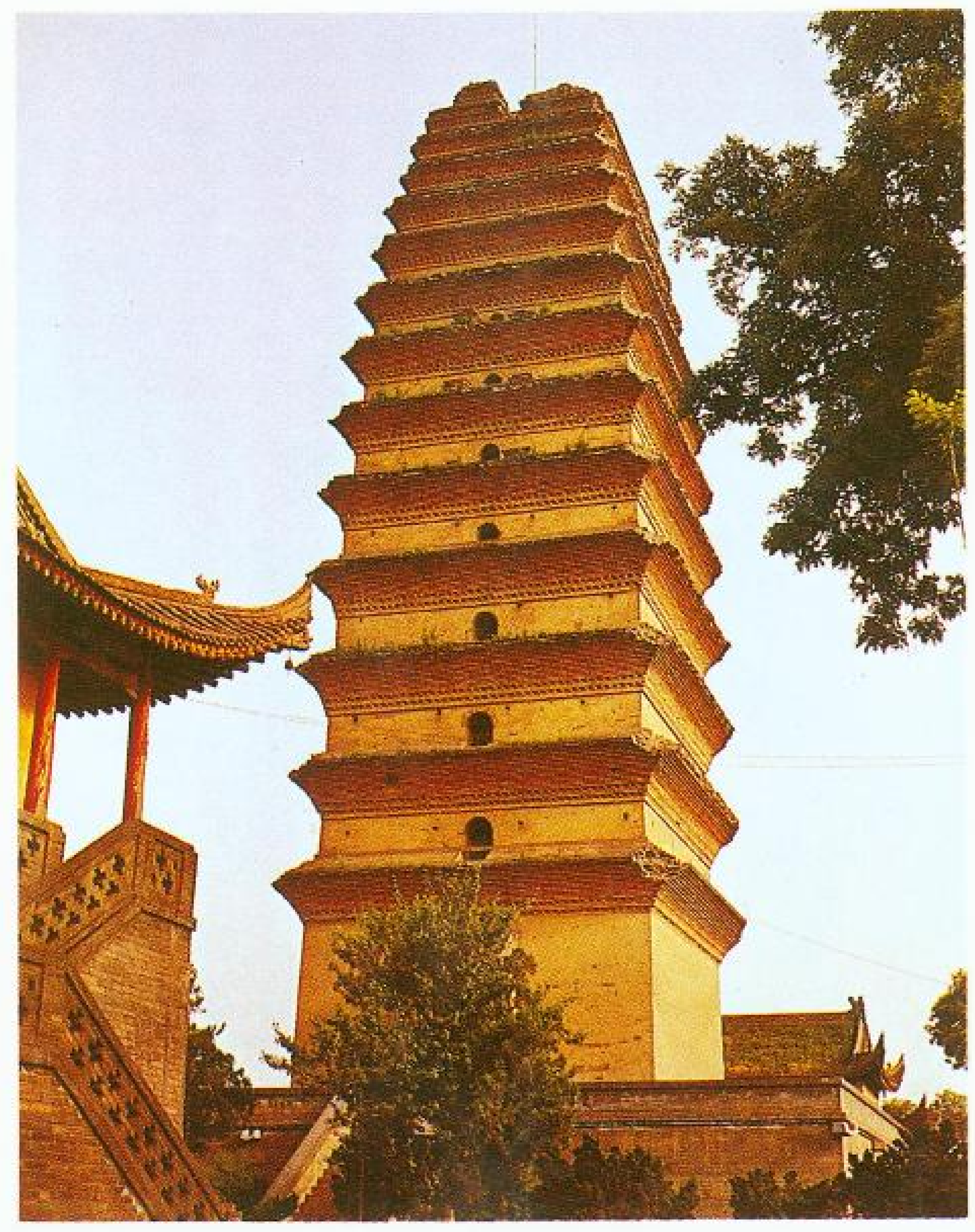


图6-5-46 西安小雁塔

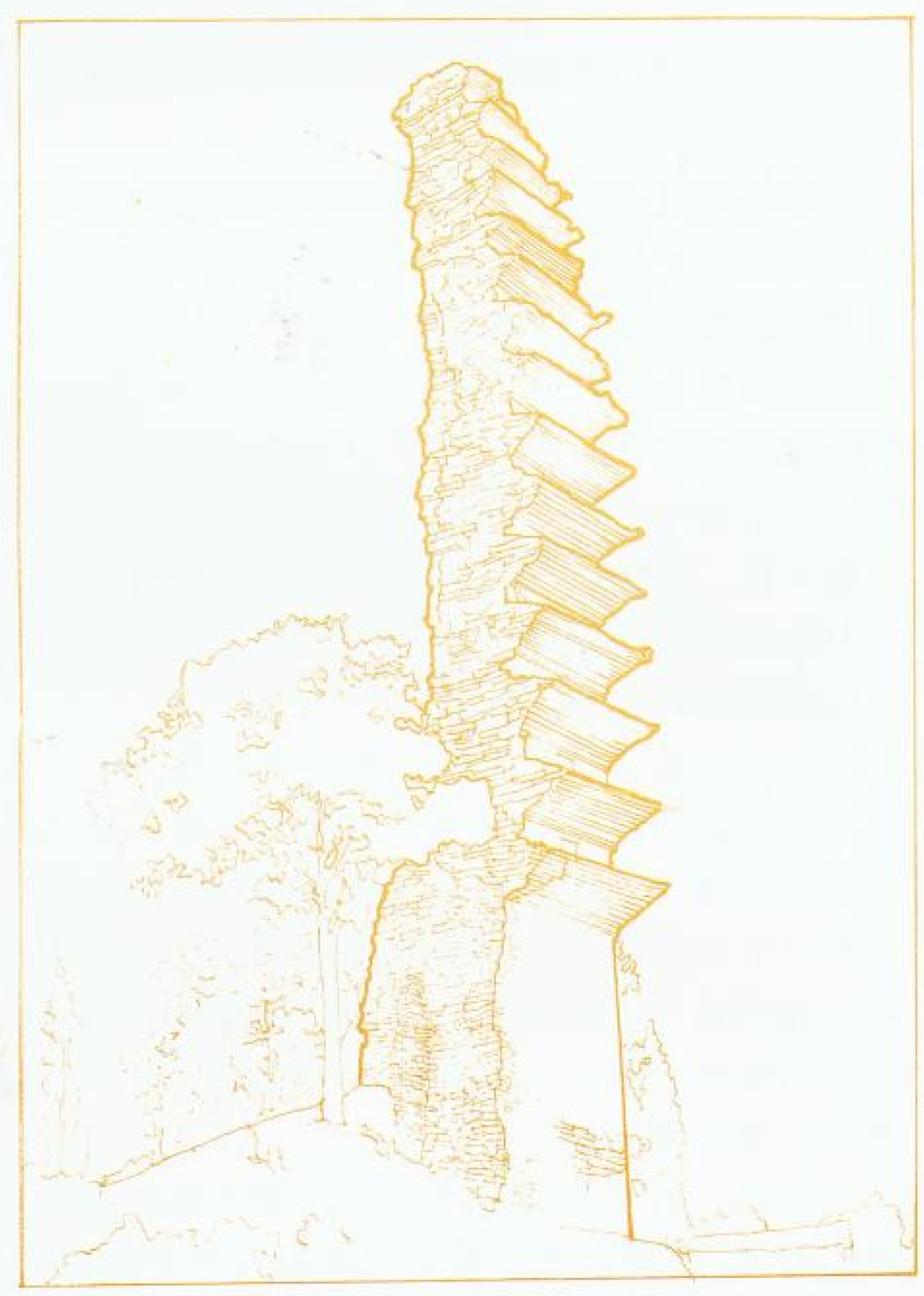


图6-5-47 四川彭县龙兴寺塔地震后残状

四川彭县的隆兴寺塔，受过两次地震。第一次，由于中性轴剪力破坏，分裂为两半，其中一半坍毁。第二次，剩余的一半，又受到与上一次直角方向的另一次地震横波冲击，再裂为两半，其中坍毁一部，仅余 1／4 的砌体，突兀孤立，岌岌可危，但至今尚在（图 6－5－47）。

定县开元寺塔（料敌塔），在清康熙年间受到一次强震，震中在东北方，因此，沿东西向的北侧 1／4 部位产生裂隙，至乾隆时明显断裂，至光绪年间突然向下滑坍，成为今日的状况（图 6－5－48）。



图6-5-48 河北定县开元寺塔地震后残状

这些例证告诉我们高层砖塔在地震时受力破坏的状况，一般和砌体本身的薄弱环节处于轴向剪力强烈区有关。与上述例证相反的是开封铁塔。这座塔历史上经历过多次地震，但迄今巍然屹立。它内部结构密实，通道和开口匀布在塔的各个侧面，没有集中的薄弱环节，抗剪能力较高，保持了整体性。这样，在外来推力（以及惯性）产生的力矩不超过本身自重产生的平衡力时，始终是不会倾倒的。

开口位置上下层相闪，避免集中在一个垂线上，应用这个道理，从现存遗物说，最早表现在苏州的双塔（始建于宋太平兴国七年，982 年）。这是从有砖塔以来七百多年历史经验教训的结果，表现出当时造塔工人对水平破坏力的认识和应付的措施。以后，采用这个方法的砖塔越来越多，占有主导地位。

古代人们没有可能较严密地测定风压、冲击波的数据，也没有建立科学的结构力学分析方法，但是他们看到了现象，有了经验，寻找到了应付风力、地震破坏的方法，他们建立了比较合理的结构系统，一批古塔经受住了风害和地震的袭击，我们不能视为偶然。

七 塔基与塔刹

（一）塔 基

建造砖塔这类高层建筑，基础工程显得十分重要。砖塔的基础深度与做法，根据塔的高低、大小、地点位置以及土质性质等都有所不同，这些都需要根据具体要求情况分别处理，分别确定。

每一座砖塔，基础工程做得坚固耐久，是塔能达到坚实稳定、年代久、寿命长的根本保证。我国古塔保存至今者，有的达到千年以上的历史，虽然经历了长期风霜雨雪的侵袭，大多数仍然完好，这充分证明建造砖塔时对基础进行了妥善的处理。个别砖塔歪斜走闪或者倒塌，多数是基础出问题所影响的。

砖塔塔基的特点是基底面积小而承载重量大。将基础面向外扩展，是使塔基稳固的一个办法。如西安小雁塔塔基夯土范围自塔身向外扩展达 30 多米。人工处理地基面积大，就需要有一定深度，才能保证传力的要求，才能对塔身的坚固稳定有利。

根据已发掘的砖塔塔基有以下五种做法：

夯土基础——唐代以来常常采用此法；

木桩灰土基础——唐代已有采用此法；

木桩砖基础——宋代以来常采用此法；

岩石基础——宋代以来采用此法；

砖石混合基础——宋代以来采用此法。

（1）夯土基础：以西安小雁塔基础为例，先取土挖槽，再进行全面夯打。大片夯土 2 米深，边缘减至 1 米深，呈锅底形。范围自塔中心向四周展出 30 米。在夯土上施用木炭一层；木炭吸水率强，能防水防潮，防止地下水的侵蚀。再用石条纵横相砌。石条之上开始砌砖二皮再砌 3.3 米高的基座，这样构成为一个大型台基基础，在这个基础上再砌砖塔的第一层塔身。

（2）木桩灰土基础：这种做法主要以木桩为主。凡遇到土质杂乱或松土的地基上进行造塔时，常采用这个方法。如以江苏太仓茜泾塔的桩基础为例（图 6－5－49），首先是在地面下按设计深度夯打木桩，木桩布置为“梅花桩”。在木桩头及桩子周围放上砖块或石块，用夯夯紧，这可使木桩桩头挤紧无空隙。砖上再加 10 厘米砂，2—4 厘米石灰层，再交替地铺一层石灰一层夯土共二十层，全部经过夯实夯紧，在这个基础上即可砌筑砖塔的基坐与塔身。

（3）木桩砖基础：这种做法仍然适用于纯土地带及土质松软地区，必须打木桩，挤紧松土，承担重量。而且砖与枕木混合使用，以能固定地基基础。以上海龙华塔为例（图 6－5－50），自地面以下的设计深度打木桩，木桩布置方法为满堂乱桩，每根为 14×18 的方木桩，每桩间距 80 厘米，木桩深度据发掘得知为 1.50 米左右。木桩上铺垫木一层，垫木断面为 22×13 厘米，在垫木上砌砖一皮，其上再砌方砖 1.40 米，然后找平，即开始砌塔的台基与塔身。

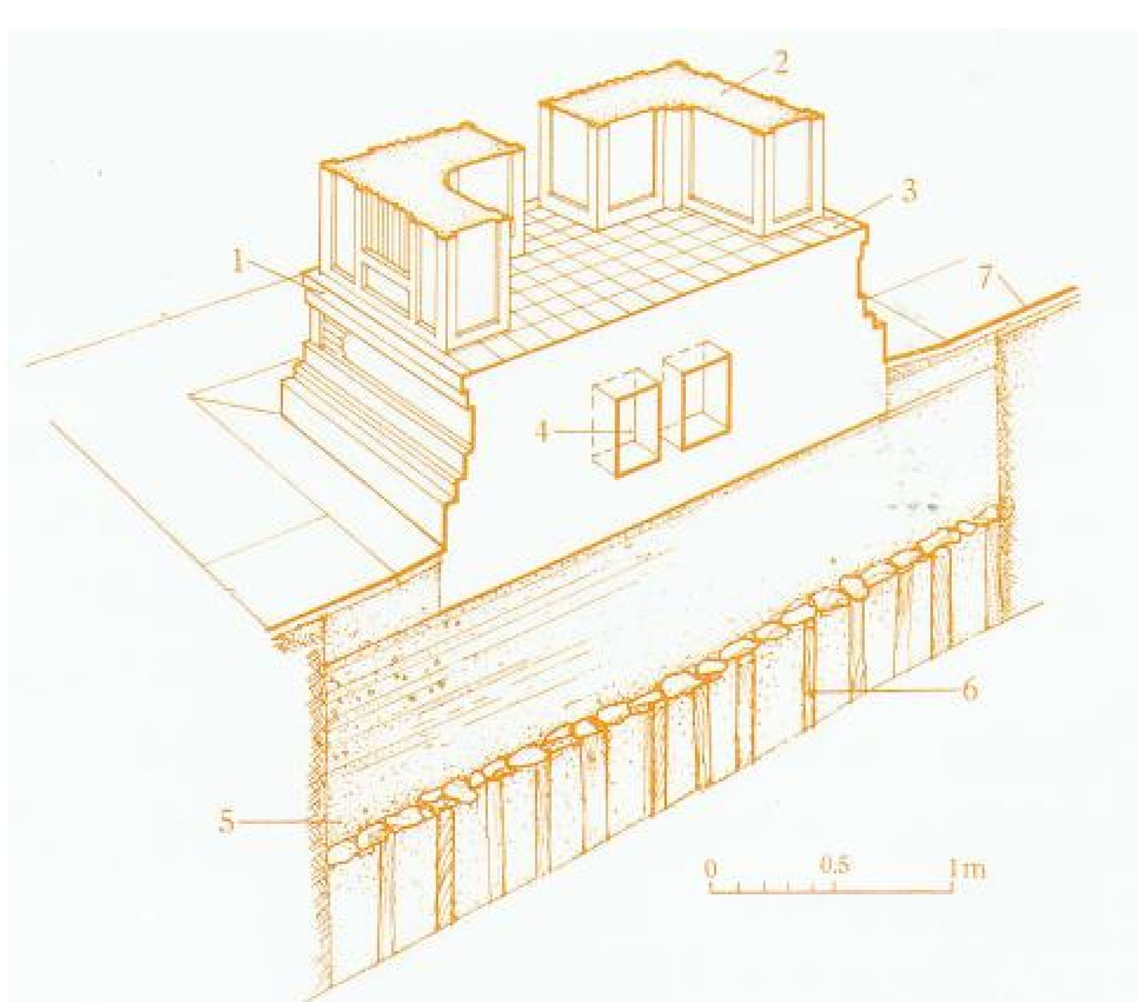


图6-5-49 江苏太仓广孝教寺塔塔基剖视示意图

1.须弥座；2.塔身；3.塔内地面；4.地宫；5.塔基础；6.木椿；7.地面

（4）岩石基础：以苏州云岩寺砖塔为例，就是将砖塔基础直接置于岩石层上，从岩层上直接砌塔身（图 6－5－51）。这可以说是一种天然基础。但是，这只适用于岩层以上的土层很薄的情况。但无论表土层厚度如何，都必须将土层挖去，达到岩石层，才能正式砌塔基的基座及塔身。苏州云岩寺塔没有做到这一点。它正是由于表层土的流失，引起塔基的不均匀沉陷，使塔身倾斜。

（5）砖石混合基础：在建塔时，碰上软土和松软土地基时，地基要加固，才能建塔。其处理方法除上述桩基础外，还有用碎石碎砖加固的方

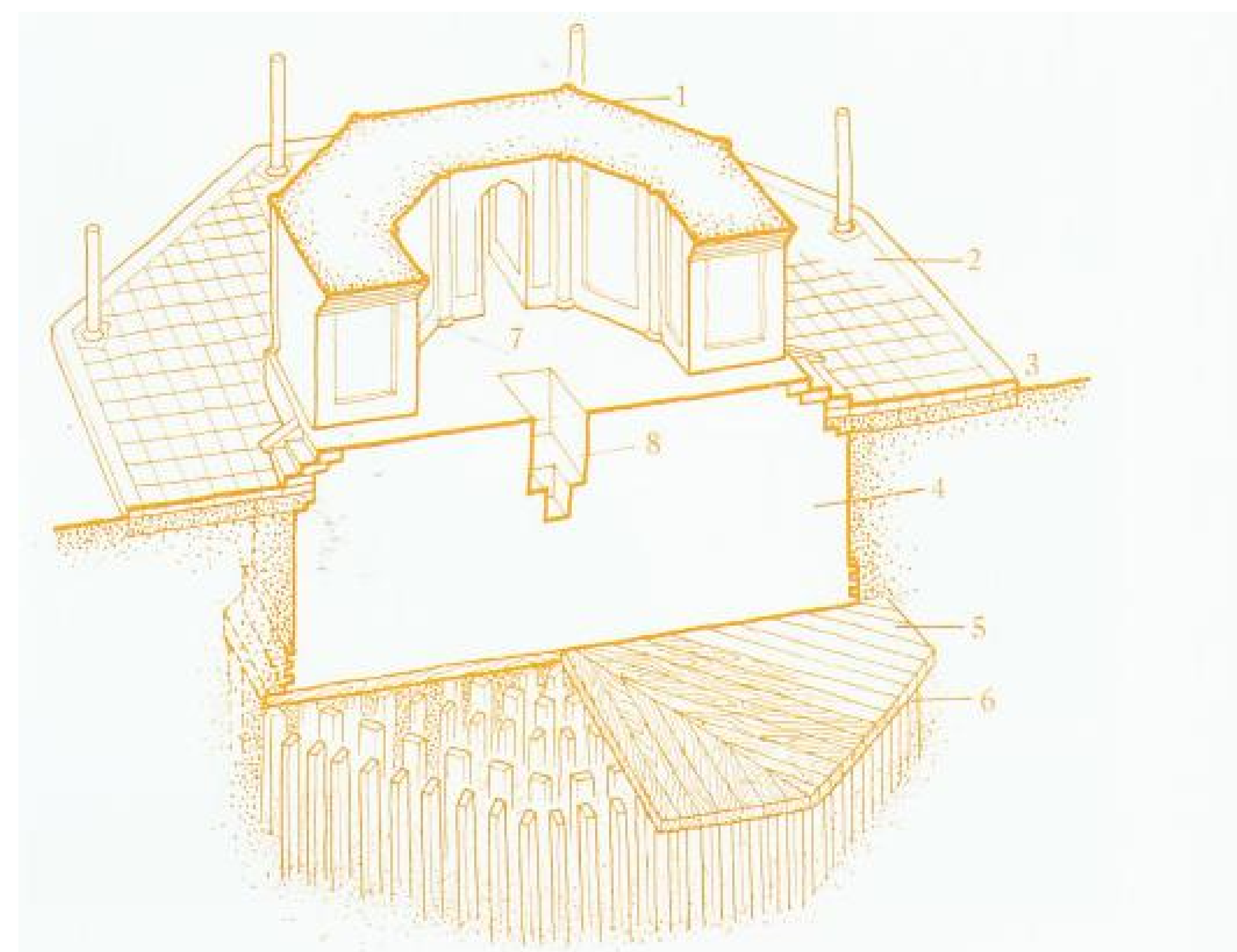


图6-5-50 上海龙华塔塔基示意图

1.塔身；2.副阶；3.地面；4.塔基；5.木枋；6.地丁；7.塔室；8.地宫

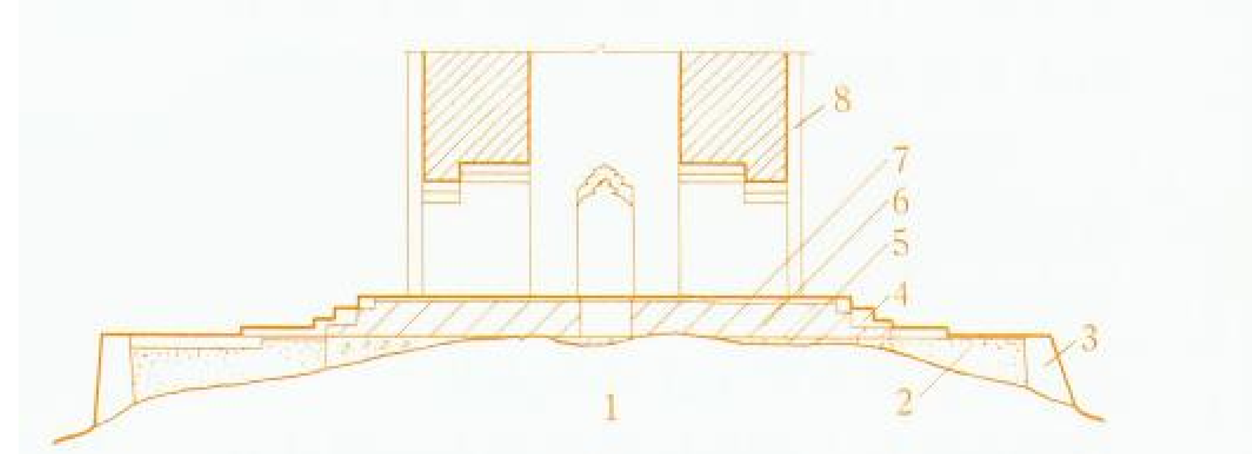


图6-5-51 苏州灵岩寺塔塔基示意图

1.岩石；2.夯土；3.档土墙；4.石块；5.三合土；6.砌砖；7.砖铺地；8.倚柱

法。首先，将碎砖块与石块填充基坑，分层夯打、逐层填土夯实。在石块之上砌筑条石，纵横交错。再在条石上砌砖做塔基。碎石碎砖填充，实际起改良地基作用。

基础处理中最易发生的现象是下沉或不均匀的下沉，使塔身造成歪斜、滑坡，构成斜塔。基础砌在倾斜岩层上，最易发生这种现象。早期砖塔还未发现有斜塔，而在宋金时代已产生许多斜塔。如杭州雷峰塔（已倒塌）、苏州云岩寺塔、平遥麓台山慈相寺塔。后者建塔之时紧靠河岸，年

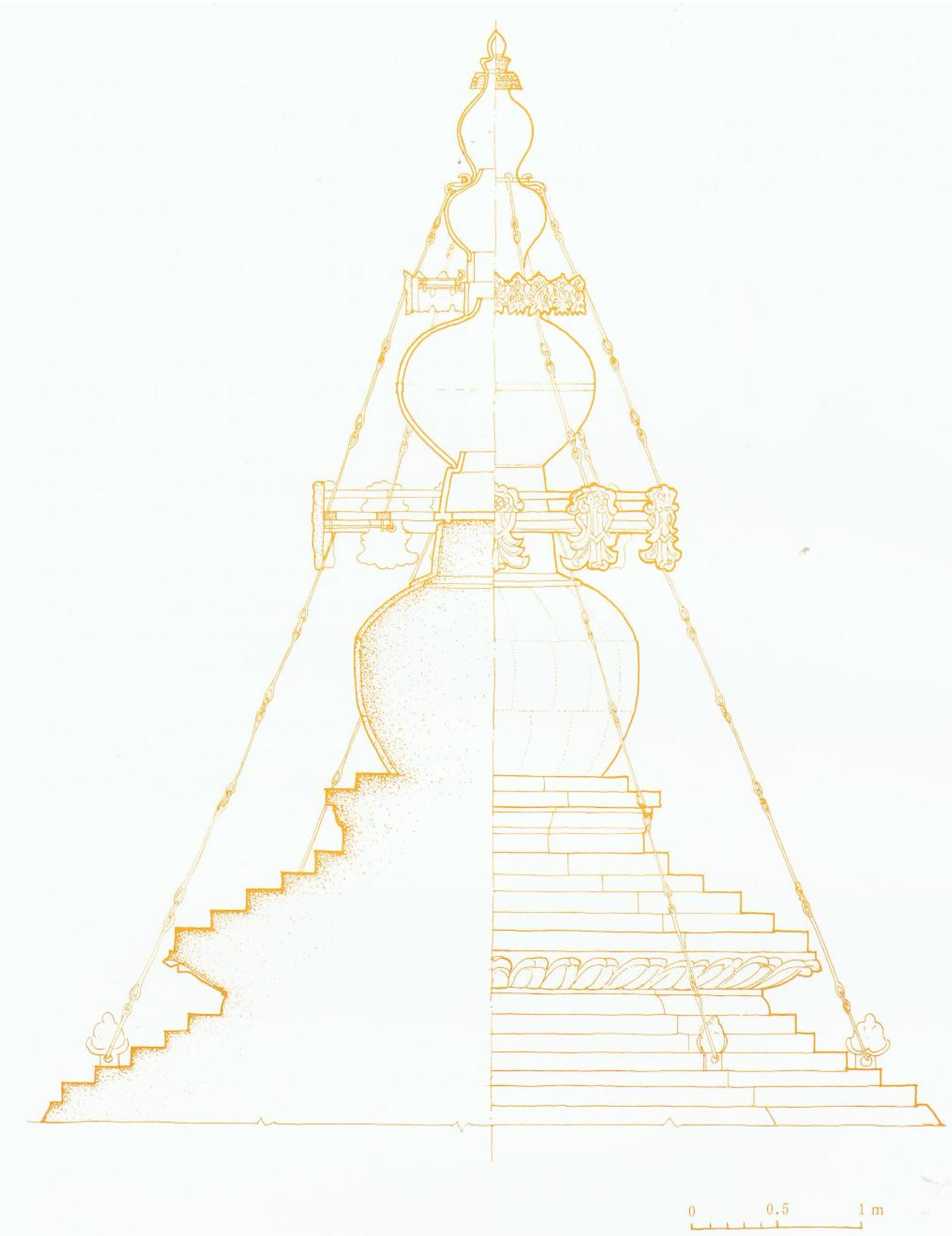


图6-5-52 山西洪洞广胜寺飞虹塔塔刹

深日久，河水冲刷砖塔基处土层，因此塔身全部向西北倾斜。明代则有河南宝丰县大普门寺塔，山西太原永祚寺双塔等也是变成了斜塔。

地宫是砖塔内部埋藏遗骨的地下小室。一般将它放在砖塔基础的上部，底层塔室的中心地面以下部位。当砖塔年久失修，地宫破坏，地面雨水常常从塔门流入地宫内，使地宫中积存雨水(因此常常误认为塔里有井)，往往会影响砖塔基础的坚固性。

(二)塔　　刹

塔刹是塔的最高部分的构件，也是塔顶的收束。大致有五种类型：

第一种下为砖基座，上施刹杆。砖坐上置金属（铜或铁）承露盘，刹杆上串连相轮3—7层，其间有水烟，日月元光及宝珠等，加设铁拉链牵引至檐角，以抵抗风力防止歪倒。这样的刹杆全部用金属制造。唐、辽、宋三个时期的砖塔用这个式样最多，其中以辽、宋砖塔制做的式样尤为突出。

第二种为葫芦刹，其式样如同束腰葫芦的造型。在塔顶端先用砖做基底，座上安置葫芦，石造或砖造，其中心仍置刹杆。唐、宋、明三个时期砖塔均有此式。如陕西长安县兴教寺玄奘塔、山西广胜寺明代飞虹塔（图6－5－52），云南巍山明清砖塔均采用此式，全国来说比较普遍。

第三种为宝珠刹，又叫做宝顶。宝珠刹是最简单的一种，也是晚期使用最多的一种。因为它的做法非常简单，施工方便。如九江能仁寺塔用铜宝顶，河北丰润县天宫寺砖塔采用铜合金制做的。它的方法是用很粗的一只铜杆，下端伸入砖塔顶中，上端套入这个尖桃形铜刹，这代表明代流行的式样。明清两代建塔大多数使用宝珠刹。即或重修唐宋砖塔时，也常常改用铁刹和宝珠刹。

第四种为喇嘛塔刹，这种式样在塔刹部位先砌基坐，然后安装一个小型喇嘛塔代替刹尖。在喇嘛教流行地区，如青海、甘肃、内蒙古、河北、东北三省等地明清两代的塔刹常采用这个形式。

第五种即砖木混合塔所采用的木刹柱塔刹（图6－5－53）。

塔刹形式不同，用材亦有很大差异。不外采用金属、砖材、石材以及陶制材料等做成。在金属材料中一般都用铜镀金，称为镏金。采用镏金可以保持较长久的光亮，如河北省丰润县的天宫寺塔，塔刹就是采用镏金做成的。

还有铁刹。凡用铁制刹不能镀金，年代久了，铁刹生锈变黑，影响美观。松江方塔，铁制九层相轮，用拉链牵引；松江县西林塔铁刹相轮七层，“水烟”一个，及铁制复钵等；苏州北寺塔相轮亦做6—7层。用铁球作铁顶者，常套用1—2层，施工与制做简单，如浙江临安县功臣塔，安徽休宁南山塔，海宁盐官塔，各有特点。

采用金属刹时，铁刹都用锻铁，进行锻造加工，预先做好各种锻造的铁件，使之结合于一起，用铜及铜合金制做塔刹，均用铜制，外表镏金。

用陶制刹是材料上的一大变化。元、明、清三个时期，烧制琉璃大量发展，用琉璃刹能起到色彩丰富，光亮华美的作用。结顶常为宝珠形式。不过凡琉璃刹按比例制作，体形高大，自重增加，施工安装十分不易，是它的缺点。砖刹，早期建筑运用砖刹亦很多，在唐、宋、元各时期的佛塔和墓塔上常常用砖做刹，这是一种朴素的做法。有的砌出葫芦式刹，陕西周至县大秦寺宋代砖塔，塔刹七层均用砖砌，高陵县砖塔塔刹亦用砖砌，而且做得很高，砖刹中常砌出各种形式的宝顶，周边砌出山花蕉叶4—6瓣，特别是在各地唐代墓塔做砖刹的非常普遍。此外，还用石材做刹，石刹在山西、江西、湖南各地一些明代砖塔上常用之，特别是湖南、江西各地砖石混合式的砖塔，往往用石材做刹，因石材坚硬，不易雕凿，式样比较简单，一般常见的仅雕出宝顶宝珠式样。砖石结顶的形式，已距“上累金盘”、多重相轮的原型刹很远了。

八　施工方法

古代没有留下砖塔施工的技术文献资料。我们从古塔遗留的一些现象来分析古代人们为造塔所可能采取的步骤方法和他们所达到的技术水平。

造塔施工，一定预先有按比例尺绘制的图样，至少有平面和侧面两项。因为，几乎每层的层高、

收分、出檐深度，都在不成比例地变化着；而且施工时砖塔之外包围了厚密的脚手架网，用目测来判断某一高度、收分的变化，几乎是不可能的。有人认为，造塔似乎也象中世纪欧洲哥特式教堂那样建造，历时数十到百余年，慢慢地用目测直感来权衡、调整，没有一种预定的成法，那样的观点是不符合实际情况的。

可以肯定，造塔有较高的垂直运输，必需有脚手架，也有了滑车一类起吊装置，最大的起重件，不是砖料（数量虽多但单件重不大），而是刹杆（可长达 20 余米）。它的起吊是很困难的。关于塔刹的起吊《洛阳伽兰记》中记载有一段故事：

道荣传云：“王修浮图，木工既讫，犹有铁柱，无有能上者。王于四角起大高楼（即四组独立的脚手井架），多置金银及诸宝物，王与夫人及诸王子悉在楼上烧香散花，至心请神，然后辘轳绞索，一举便到”。这个故事最后说：“故胡人皆云四天王助之，若其不尔，实非人力所能举。”分明是劳动人民的智慧与力量，却归功于神，当然荒唐。故事说的是雀离浮图，是古代有名的大塔，位于北印度犍陀罗地区，建于二世纪大月氏贵霜王朝的迦腻色迦王时代。这里应注意的是“辘轳绞索”一词。虽然讲的是外国故事，但无疑当时这种提升工具也为中国所习见。如汉代早已常用辘轳提升井水例。

建立高塔，砖料的制造和砌筑技术是不成问题的，关键在于足可承受最大起重件重量的脚手架和有效的提升工具。在这种技术条件前提下，才有可能着手进行。我们看到，中国出现砖塔的最初时期，这些条件已经相当具备。

塔的施工第一步是塔基。塔基常选在丘陵山岗之巅，这里粘土复坡较少，容易达到岩石层。这种基础一般可靠。开挖至岩石层或作一般平整。许多著名大塔，多数如此（六和塔、虎丘塔、雷峰塔等）。虎丘塔因为岩层倾斜，塔基表土流失，引起塔身倾斜，是比较特殊的例子。处于平原粘土层地压，也仅是一般平整夯实，不作特殊处理。因为砖塔施工进度很慢，最长的记录达五十一年，这样，塔身的沉降是逐渐地、平稳均衡地进行，在施工终了时，塔身沉降已近终止。一般，只有在土壤情况不佳时，才深挖、回填、夯筑或者加桩，这种技术，也早已有之。

宋代和宋以前的塔，没有基座，塔身从平整后的基层直接开始。首先，是定中。塔址中心，按佛教造塔，即埋藏舍利所在。有时其规模相当一间小的地下室。舍利井口盖石中心，就是塔的中心。

根据预定图纸的比例尺，或某一习惯尺度，得到底层平面尺度，在基层面上划线定位，开始砌筑。在划线定位时，须要先定方位，再划多边

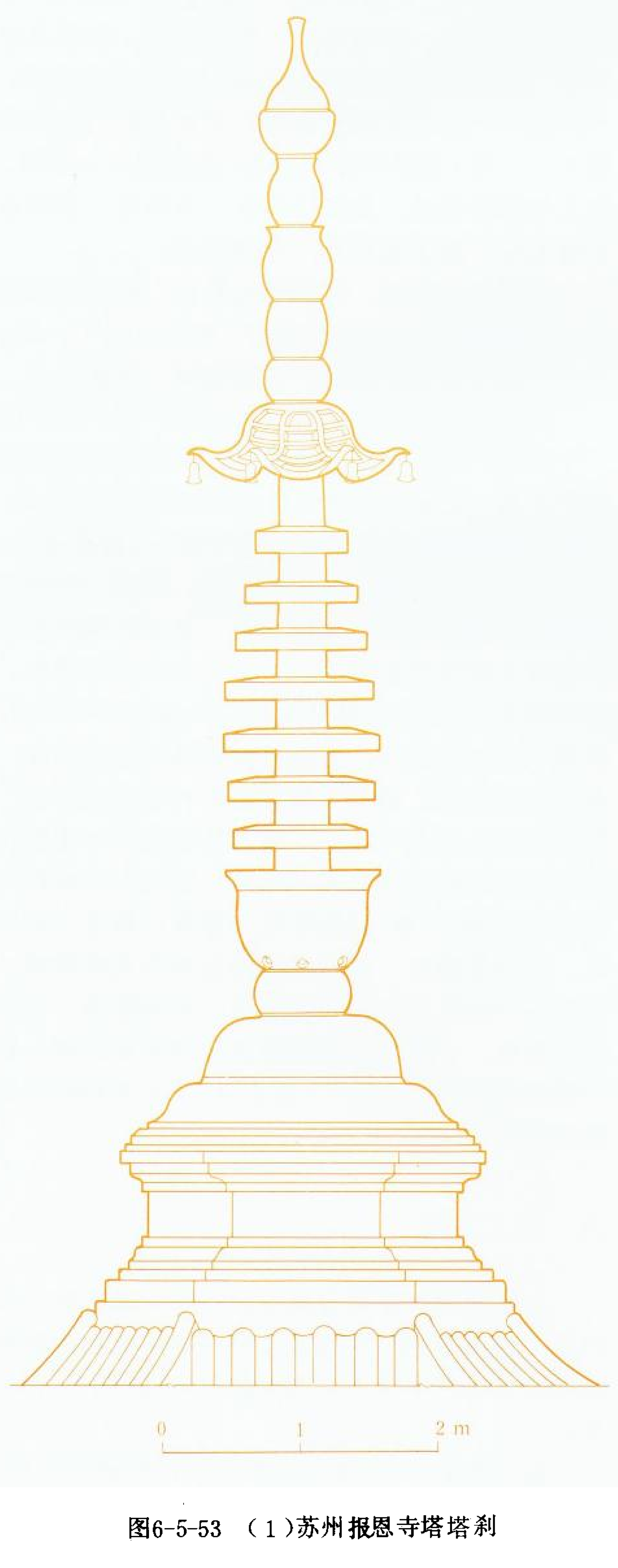


图6-5-53　（1）苏州报恩寺塔塔刹

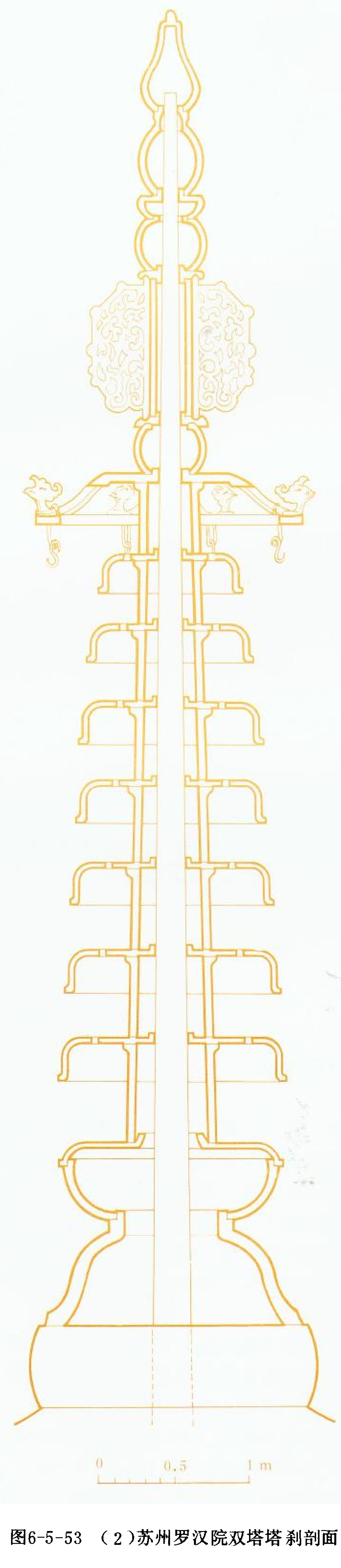


图6-5-53　（2）苏州罗汉院双塔塔刹剖面

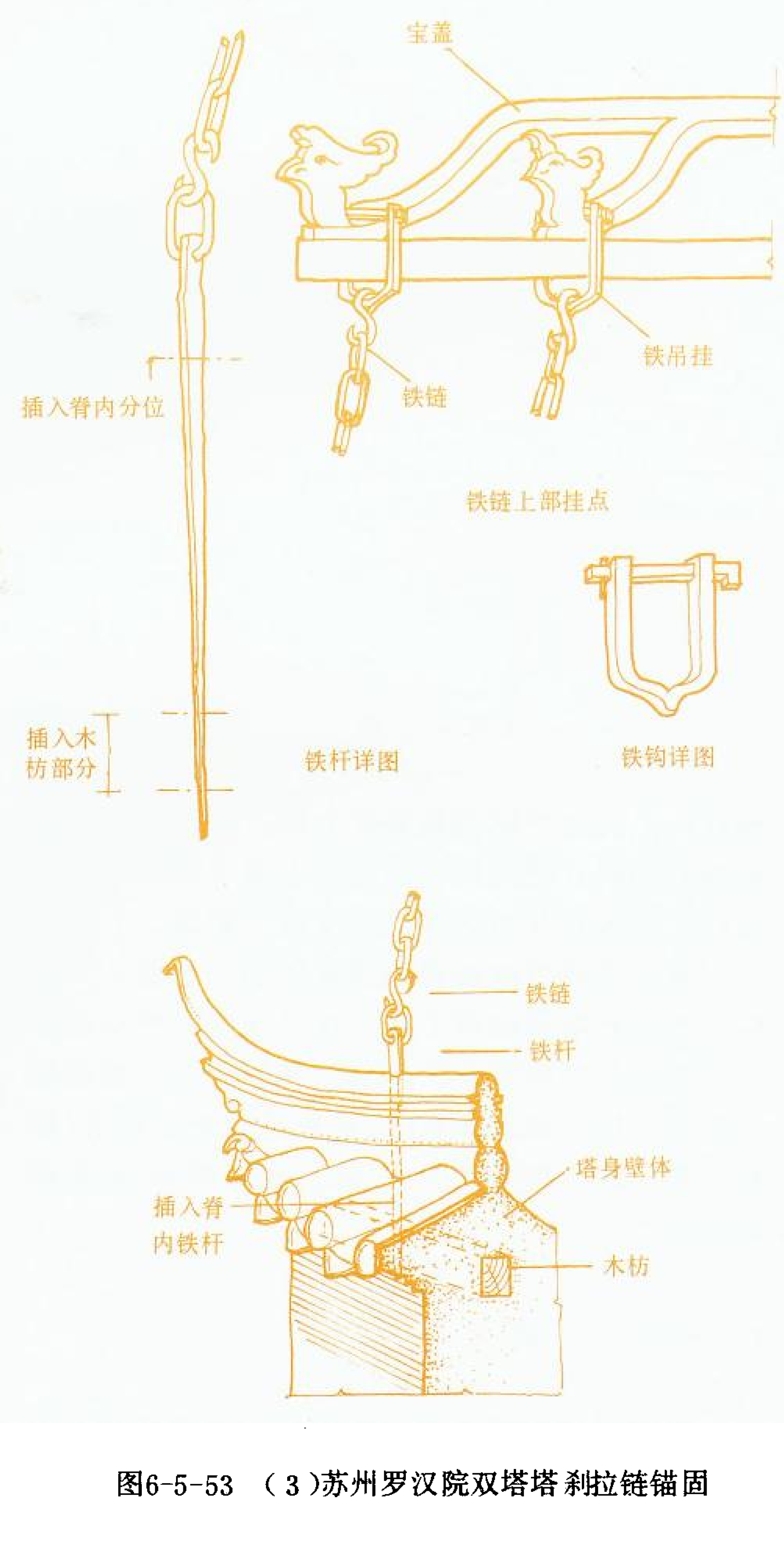


图6-5-53　（3）苏州罗汉院双塔塔刹拉链锚固

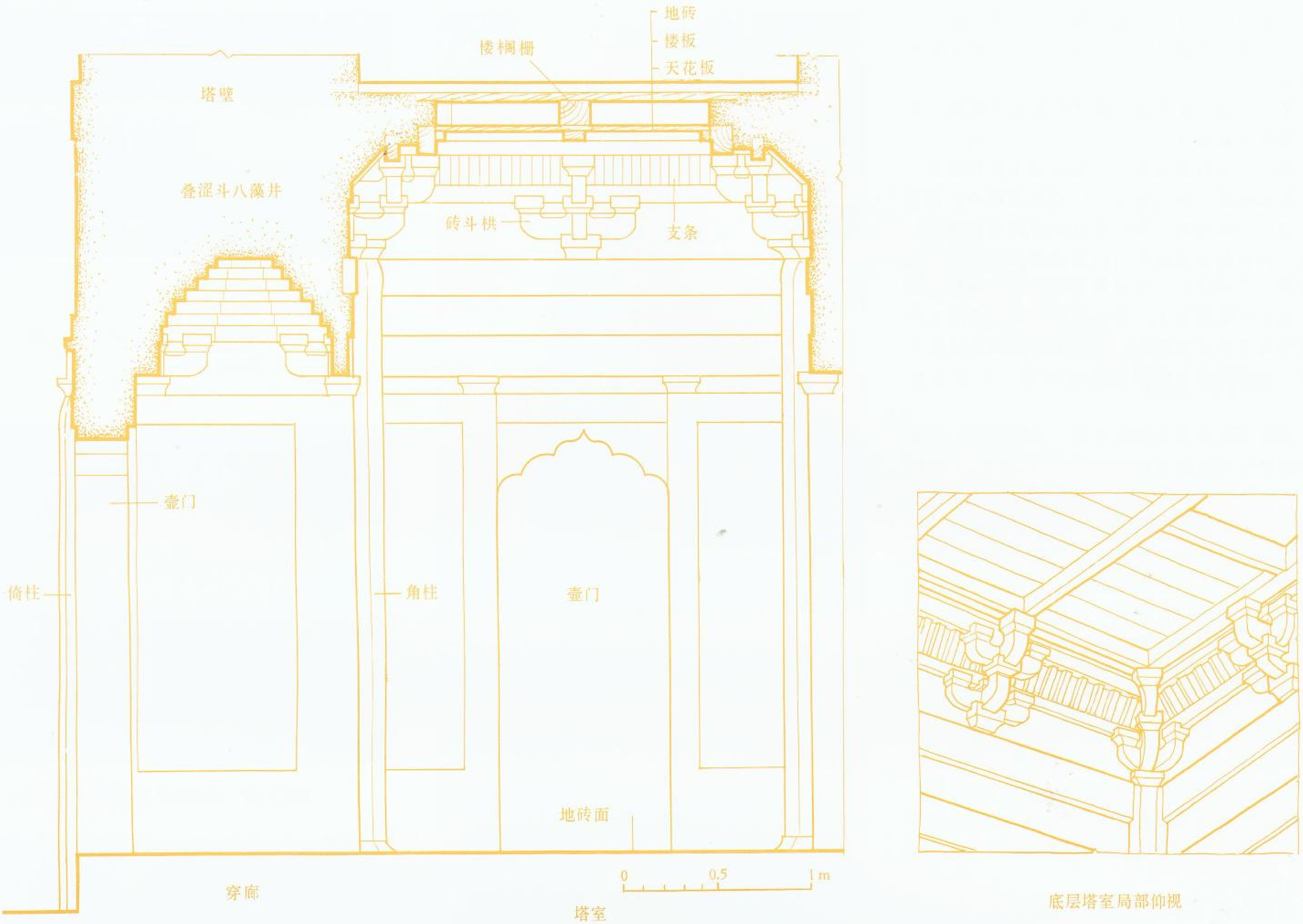


图6-5-54 苏州罗汉院双塔塔室局部图

形的各角位置。一般，正多边形（六角、八角、十二角）的定位，是由外接圆作出。无疑在古代，至迟六世纪，等分一个圆周为六、八、十二的几何作图法已经完全为造塔工匠所掌握。实际上，所作的分角线只是 45° 和 60° 两种，也是只用直尺和圆规很快可以作出的几何图。古代砖塔除了正四边形（90° 角）外，采取过的只有正六、正八、正十二边形，是因为这种多边形的几何作图最为简易。这种几何作图，不仅底层需要，以上逐层为了校正塔身的准确性，还需要再作。不过，在作出分角线后，各边的长度还应根据图纸预定尺度来确定，逐层变化。

除了保证正多边形在逐层尺度缩小而分角不变的同时，还应保证各层的几何中心保持在同一垂线上。一般说来，即是需要有垂直贯通各层达到底层中心标志的垂锥，锥尖与中心刻记是否吻合要逐层校对；根据校对正确的垂绳来确定各层平面几何中心的位置，作出标记，继续砌筑。但是，这样直接由垂绳来校正的办法只适用于构筑物有一个井状的空腔，每层可以使垂绳直达底层中心的情况。在塔心为实砌层（例如用塔心柱）时，逐层的几何校正和垂直校正已不可能，只能依赖间接的方式。这种间接方式，一般估计，有两种：一是由标记在地面上的底层各角分角线的记号加以校正；换言之，即在逐层的各角引垂线至底层各角的分角线上。二是由砌体本身逐层上引，这种办法比较容易产生误差。

实地观察存留的古塔，就可以发现古塔各层檐角的校正技术虽有高下差别，但均经过慎重的校正手续。一般说来，在砌塔身时，首先就应定出各角位置（有角柱时，为角柱中心位置）：各层檐角位置和角梁尽端的位置。我们可以看到，许多古代砖塔的轮廓，各角的位置，相当准确挺直，我们应该理解到，这即是古代匠师在校正技术上的水平表现。这一现象，不是凭目测所可达到。垂绳，分角线作图，是最基本的手段。直到今天，尽管仪器复杂，精确度增高，但基本原理，并无改变。

特别是许多塔，它的外轮廓和内壁是不一致的；外壁为八角或六角形，而内壁却为正四边形，且逐层 45° 相闪，尺寸逐层变化。这一现象，如若不是逐层几何定位，是不可能解释的，用目测尤其不可能。

砌筑砖塔的重要手段之一，是脚手架。就现在所知，一般均为外脚手，完全包绕塔身，但与塔身之间，有一些支点用插杆相联系，以增强脚手架的稳定。脚手架与塔身需离开一定距离，以避开出檐平坐等构造突出部分。脚手架成为井状构架，且随塔势向内倾斜，并倚附于塔身，重心无外倾的可能；因此，这样的脚手架一般不需要牵缆、戗柱等，而且对于高度大的塔，牵缆戗柱也无从施用。

当然，砖塔的各级楼层本身，有时可以作为内脚手来使用，特别是空筒结构式的砖塔，内部用木楼层楼梯时，在砌砖的同时，即需要安置过梁，无疑可以利用。但对于其他塔式，上下楼层间封闭而梯级曲折狭窄，不便于运送砖瓦木料和灰浆，因此，仍然需要从外脚手运输材料。塔身以内，则只可以作逐层的工作面。外脚手必不可缺少的原因是：垂直运输必需外脚手；砖塔外檐有需要安装加工的地方如木构平坐，屋檐或砖平坐砖檐等；此外，塔外表一般还有粉刷，砖雕等装饰层，单凭里脚手是不可能完成的。因此，高塔的脚手架本身，也是水平很高的技术。

然而，砖塔最困难的施工环节是安装木塔刹，以松江方塔为例（这是一个中小型塔），刹柱重 1700 斤，铁刹重 1400 斤，这是最重的起重件。同时刹柱也是最长的起重件。

塔的最高点是塔刹，使刹杆起吊就位。是否

需要有超过塔刹顶尖标高的脚手架？不一定。一般而言，就后世修理时的经验看，它可能采取两种途径：

第一，刹杆是用高于刹顶标高的井状脚手架上的起重设备起吊。

第二，刹杆起吊重心位置超过工作面标高，而工作面标高只超过最上一层楼板面即可。脚手架到达这一标高时，即可进行刹杆的起吊就位。这时，刹杆的金属附件可以用桅杆和滑车起吊进行套接，个别节点，可以利用单梯登上操作。刹杆在起吊时根部向上，重心在下，重心超过工作面时即可水平移动就位。竖立刹杆是利用辅助杆位起，刹杆沉降就位要用几组牵缆、绞盘来控制。

刹杆可以从塔心逐级提升。这种方式，只限于塔体中心为贯通各层的空井状构造时才有可能。这样作的优点是完全不需要超过刹尖标高的脚手架，而且刹柱的重量，承载于厚重的已经砌好的塔身上，这样，就会降低对脚手架的荷载要求和刚度要求，从而比较经济。它可以在刹杆提升过程中套接各种金属刹件，最后就位之后，再砌砖封顶。这一种方式，无疑先须立刹杆于塔址中心，加以临时固定，然后开始砌筑，这样是完全可行的。有木刹顶的塔，多数是砖木混合式塔，它们多数是空筒结构，个别大塔（六和塔、北寺塔）的结构，也在中心留有垂直井道；这使我们有理由推测，采取从砖塔内部提升刹柱的办法，或者就是产生这种中心有空井的结构方式的原因。空井是在塔刹就位之后才用木楼板逐层封闭（图 6－5－54）。

在高达 60 米以上乃至 90 米的大塔，脚手架势必也达到相应高度。这样的高度，脚手架所要依靠的刚性基面来免致风力的震撼动摇的，就是砖塔本身。要达到刚性结合，联系件必须深入塔身，而不仅只是浮浅的接触。这种孔眼，在拆去脚手架之后，需要加以填补。或者留下孔眼，以备后世修理时仍做固定脚手架之需。有时，孔眼用装饰性的面砖填补、用时拆去。例如银川西塔（承天寺塔，始建于 1050 年，重建于 1820 年，高 63.4 米）塔身所嵌的镂空琉璃面砖（图 6－5－55），就是专为填补脚手架孔眼用。

塔身所留的孔眼，水平差距往往大于工作面分层所需，说明它主要为脚手架固定于塔身之用；各工作面随砌筑操作要求，另外设置。

在早先，砖塔的用砖没有特殊砖。塔身的线角、装饰也比较简单。但是例如嵩岳寺塔，单纯的长条砖已加工为各种形状而组合为整幅构图。这就需要每层做一个单元（例如十二边形、每边为一单元）的完整构图。根据这个足尺放样来确定每一砖块所需要斫去和磨制的形状尺寸，或者，根据样本来专门制坯定烧塔砖。无论那一种，施工过程都要求尺度的精确。

古代塔砖相当厚重，在砌筑时再加斫削磨砻是不可能的，必须事先在地面准备就绪，然后分皮（由下而上）送砖至工作面砌筑。在苏州云岩寺塔（虎丘塔）中，发现了建塔时砌入的一些木瓦刀，可谓现存最古的瓦工工具（图 6－5－56）。

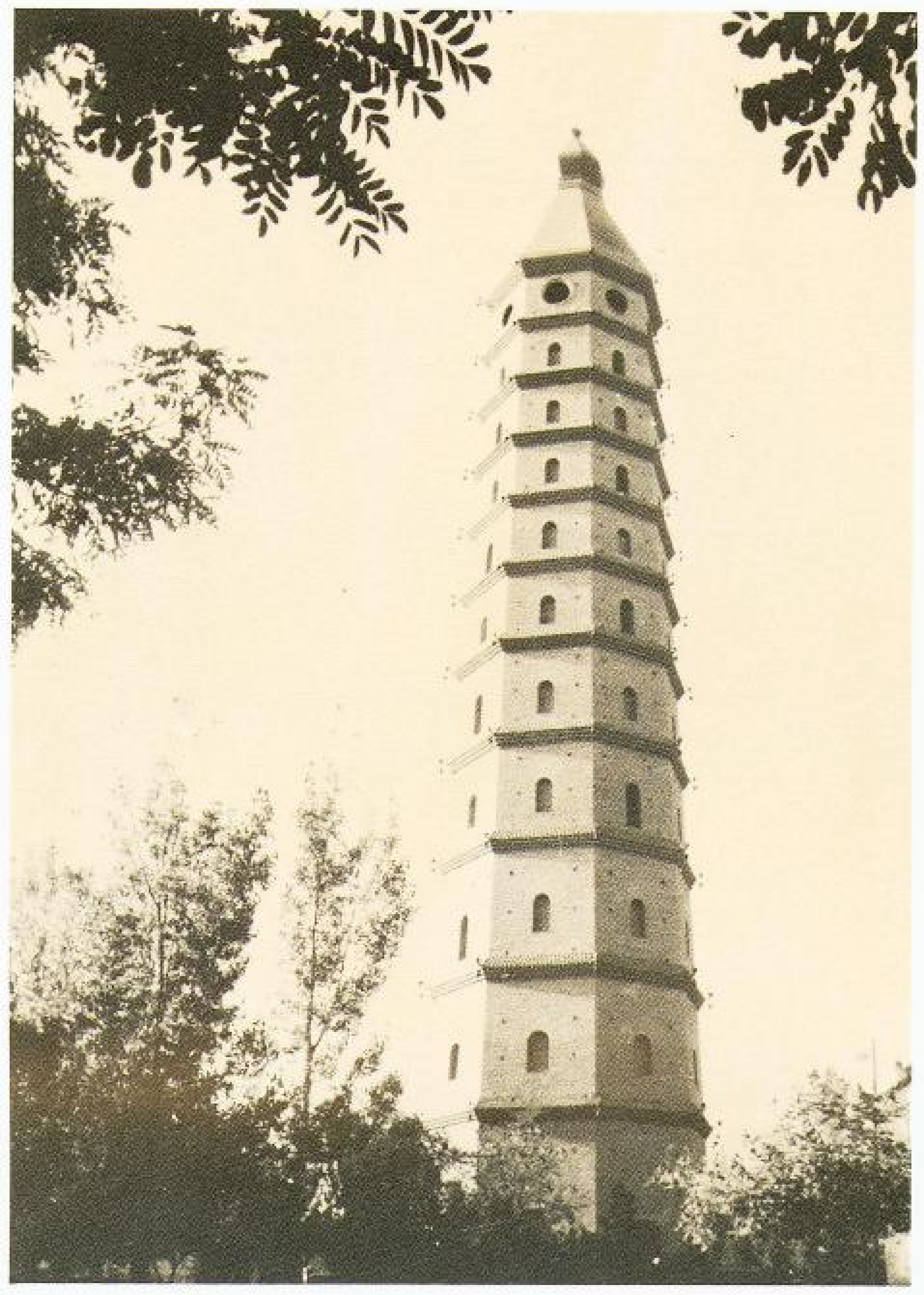


图6-5-55 （1）宁夏银川承天寺塔外观



图6-5-55 （2）宁夏银川承天寺塔插杆洞眼（万字型）

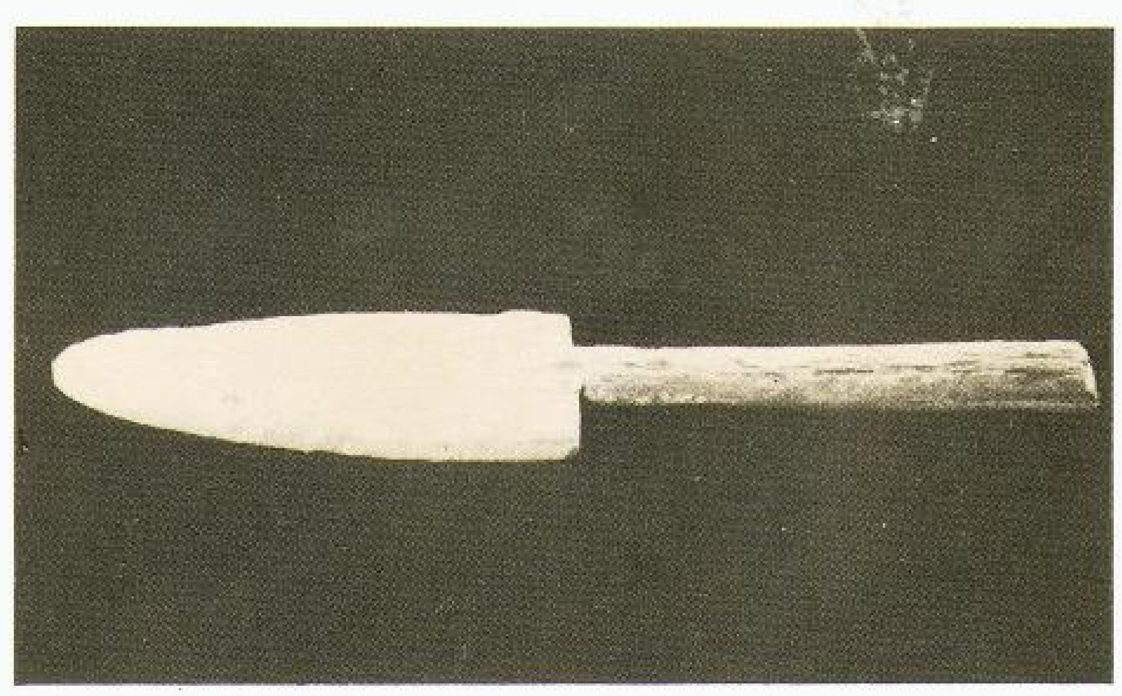


图6-5-56 （1）苏州云岩寺塔出土木铲（通长34.8厘米，铲长17.4厘米，铲宽7.2 厘米）

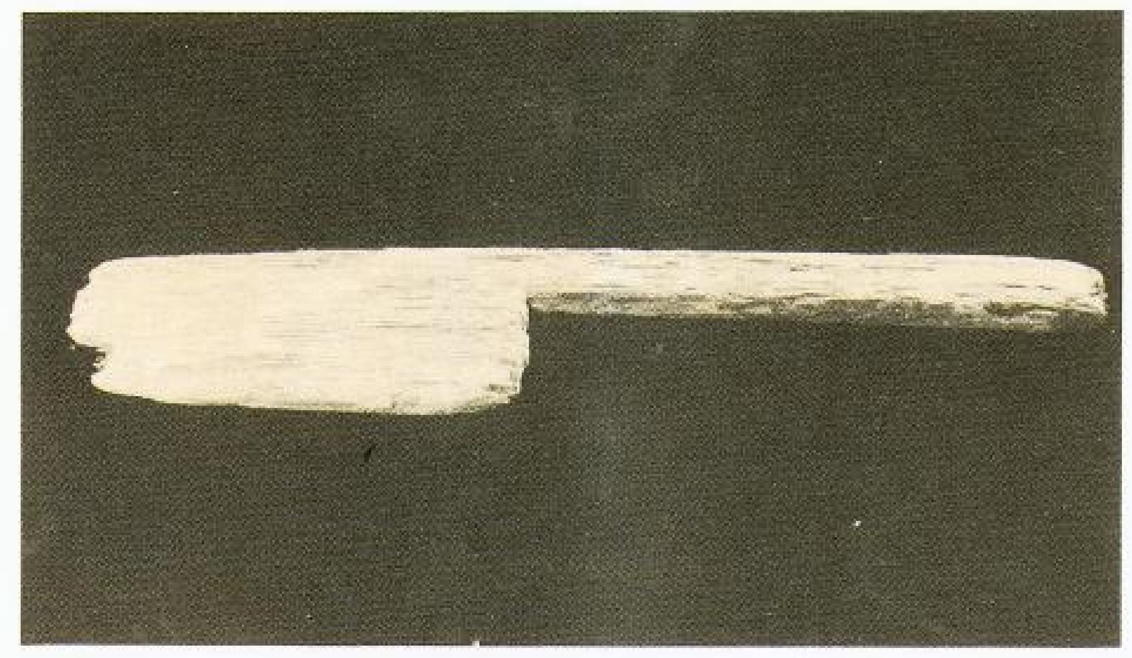


图6-5-56 （2）苏州云岩寺塔出土木刀（通长37.4厘米，刀身长16.30厘米，宽8.8 厘米）

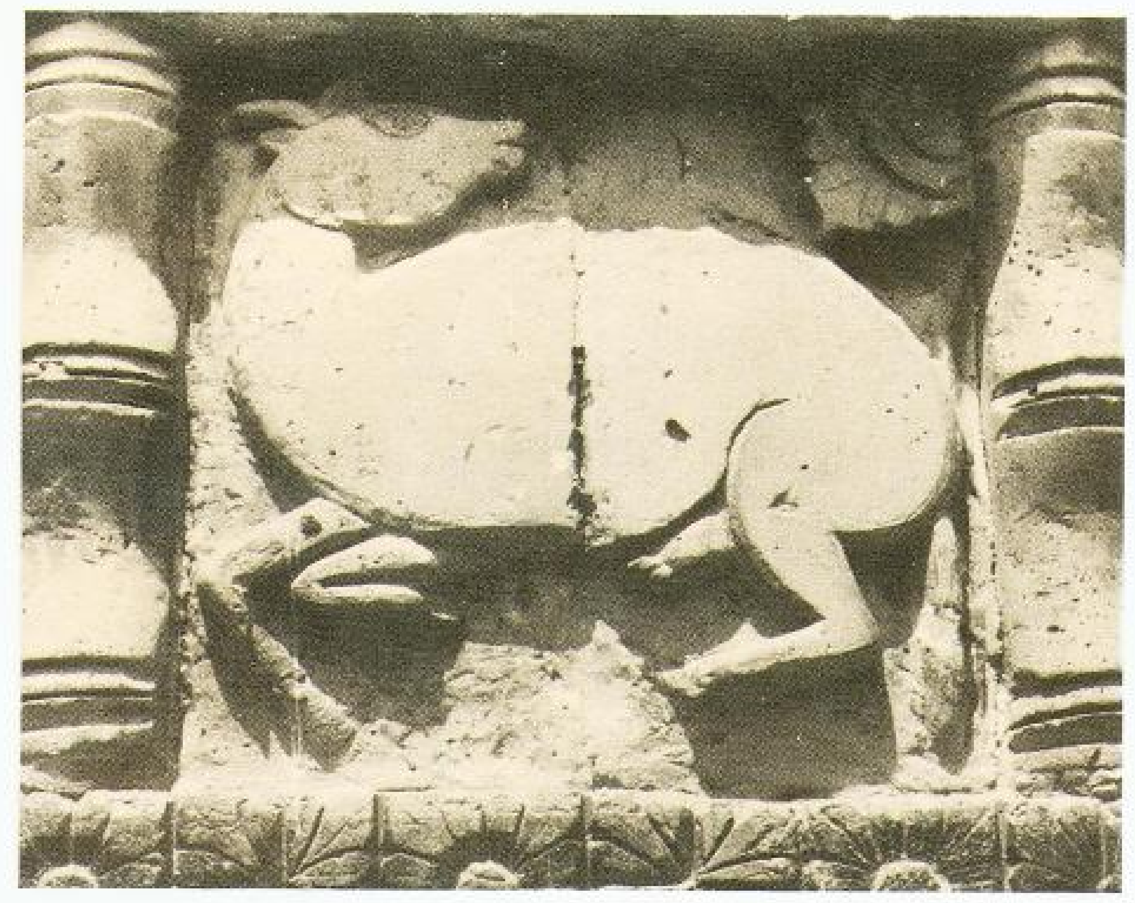


图6-5-57 山西原平灵泉寺塔砖雕

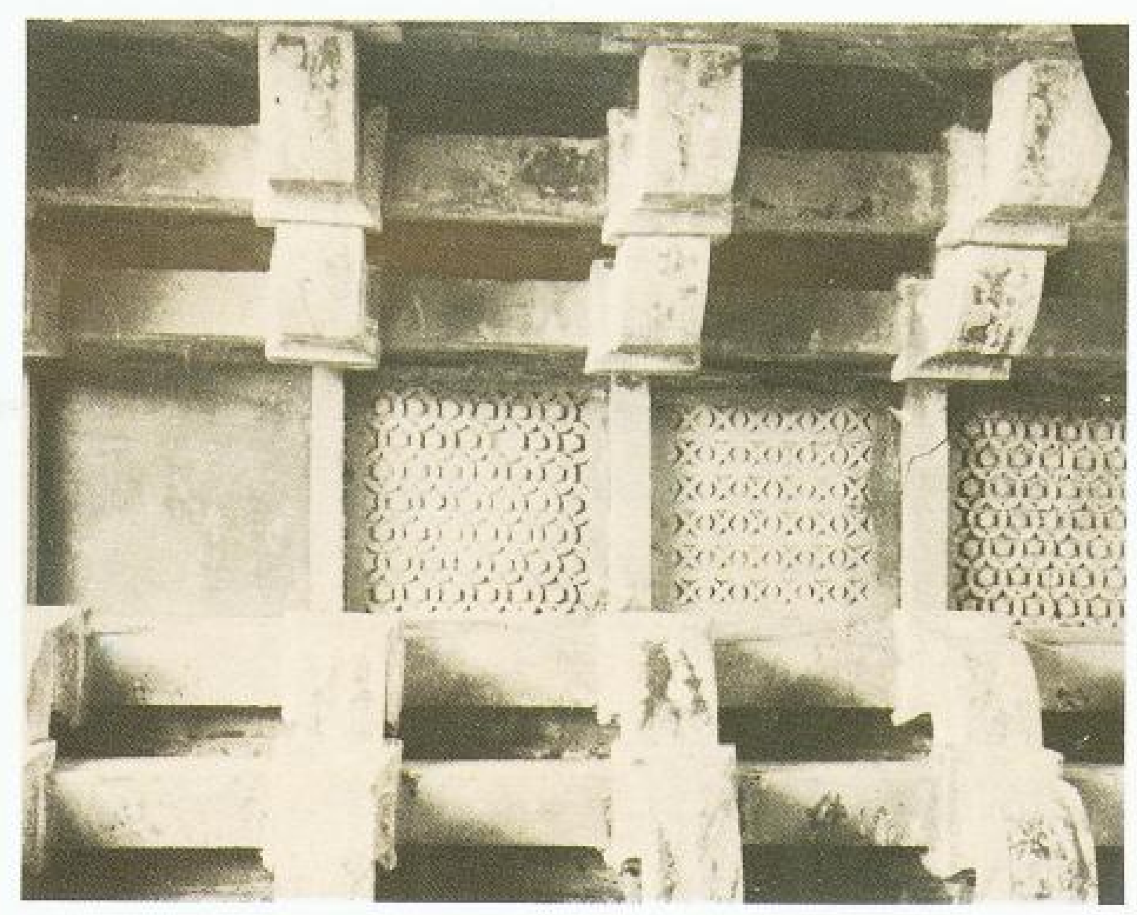
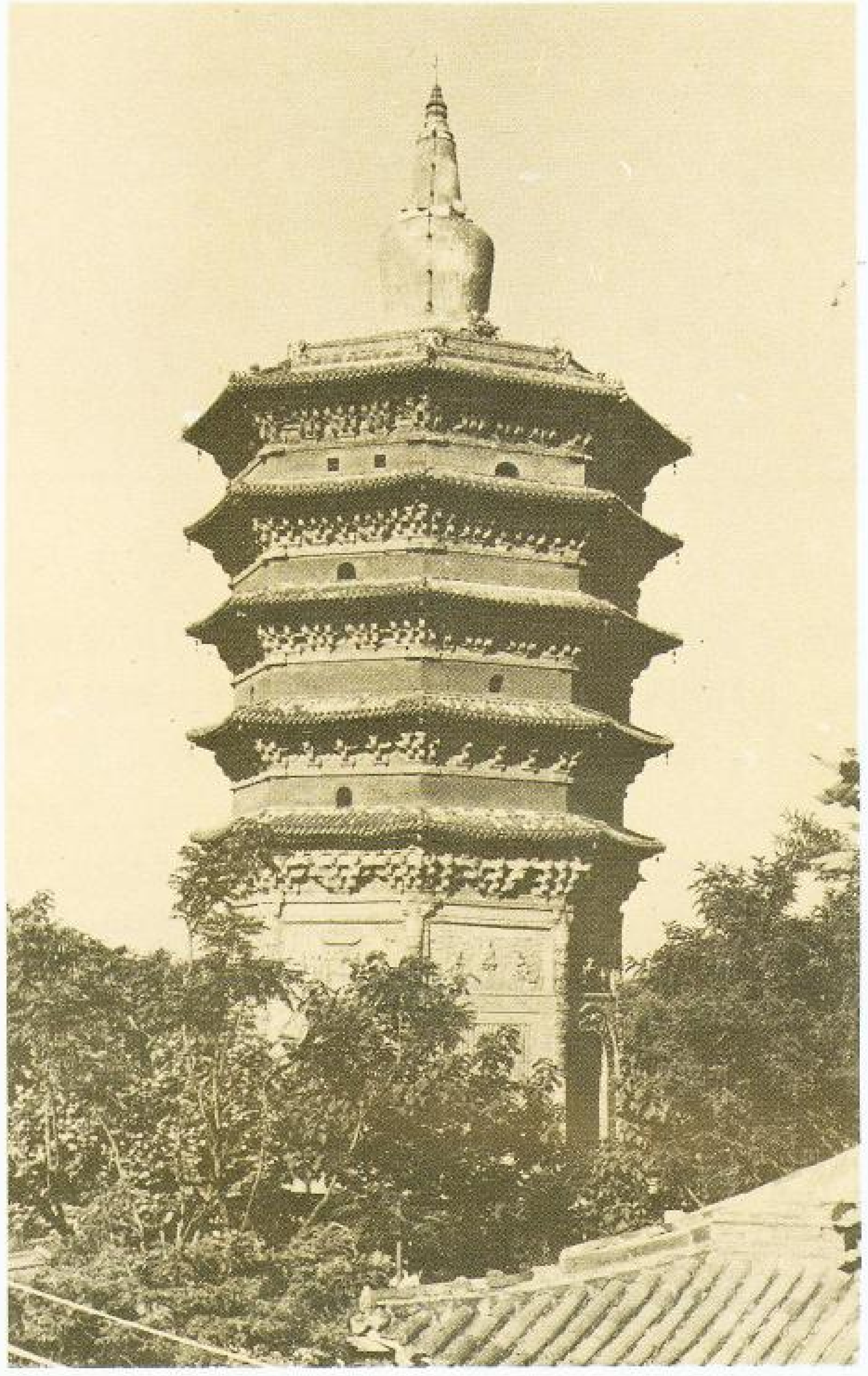


图6-5-58 （1）河北定县开元寺塔平棊



图6-5-58 （2）河北定县开元寺塔斗栱及平棊


图6-5-59 河南安阳天宁寺塔

这种工具只能铺灰，不能砍砖；我们据此可以推断：所有特殊型砖，是预先砍磨试拼无误后，再加以砌筑的。仅此一端，我们可以想见造塔所耗费的劳动量多么大。

后来，砖塔上的专门制造的特殊砖多起来，这是北宋开始的现象。仿木构的柱，窗棂隔扇，斗栱以及各种线脚图案都可以是特制的砖（图6－5－57）。不仅塔上如此，坟墓里也大量使用这种特殊的砖，是当时盛行的风尚。比较起来，用一般条砖砍削磨砻，既费工、又易出废料，且不易细腻准确，满足一定要求；而制坯时即预为塑形，自然轻易省工得多，因此大量重复使用的特殊砖用模制专烧。在简陋的财力弱的情况下建的小塔，此类特种砖就较少。大型的塔如六和塔、北寺塔、定县料敌塔，都有十分精美的特制砖如斗栱、小斗八藻井、须弥座（壶门有多种花纹）、平綦（图6－5－58）等等，这些表层砖砌缝精密准确，至可令人赞扬。

里层砖的用砖和砌法，则降低要求，属于"填馅式"做法。从一些断裂的塔例，可以看出。

由于"填馅式"砌法，表层与里层砖的联系不够紧密有效，因此，相当多的砖塔，不同程度地采用"木筋"即木料加筋的办法。例如松江方塔，砖层中所用枋木为楠木，质地极佳，至今完好。又如义乌大安寺塔，第一层塔身共61皮砖高，共有水平枋木八层之多，位于门过梁、平坐下、柱身、门两侧等处；最后，在逐层顶部有环塔身一周的木圈梁，足证当时对用木料加筋办法的重视。苏州瑞光塔，则柱头、额枋、斗栱全部直接用木料。这种现象，无非是认为这些部位用木料性能比砖料为好。同时，免去斫制特殊型式砖，节省劳动量。

以上，是一般常见砖塔在施工过程中的若干问题。还有一些特别的砖塔（如喇嘛塔），有一个凸出甚远的塔肚部分（当然，它的上斜角不应大于叠涩的刚性角）。它的各皮砖内外必须精确砌筑，有时用铁箍加固（例如北京妙应寺白塔），最后，全部粉刷。类似底小大大的不合常规的砖塔，例如安阳天宁寺塔（图6－5－59），云南大姚白塔，它们仍然遵循叠涩结构的规律。在砌筑时保证内外砖层的结合和逐层砌缝的安排。

以上分析并未涉及一切细节，但大致可以看到造塔所需的繁重劳动。中国古代遗留下的数以千计的大小砖塔，值得我们珍视和研究。

参 考 文 献

［1］《考古学报》1954年第2期第51页。
［2］《洛阳烧沟汉墓》，科学出版社，1959年版。
［3］《考古学报》1959年第2期第26页。
［4］《河北望都一、二号汉墓》，文物出版社1959年版。
［5］《营造法原》，建筑工程出版社1959年版。
［6］《考古学报》1972年第12期第2页。
［7］嘉峪关市文物清理小组：《嘉峪关汉画像砖墓》，《文物》1972年第12期第24页。
［8］《营造法原》，图版三十八，建筑工程出版社1959年版。
［9］刘致平：《中国建筑类型及结构》，建筑工程出版社，1957年版。
［10］《考古学报》，1958年第1期第115页。
［11］始皇陵秦俑坑考古发掘队：《临潼县秦俑坑试掘第一号简报》，《文物》1975年第11期第1页。
［12］郭宝钧：《洛阳西郊汉代居住遗迹》，《考古通讯》1956年第1期第18页。
［13］元大都考古队：《北京后英房元代居住遗址》，《考古》1972年第6期第2页。
［14］《考古学报》，1964年第2期第127页。
［15］甘肃省文管会：《兰新铁路武威—永昌沿线工地古墓清理概况》，《文物参考资料》1956年第6期第39页。
［16］广州市文管会：《广州市东郊东汉砖室墓清理纪略》，《文物参考资料》1955年第6期第61页；山东省文管会：《禹城汉墓清理简报》，见同期第77页。
［17］江苏省文管会：《江苏淮安宋代壁画墓》，《文物参考资料》1960年第8、9期第43页。
［18］葛家瑾：《南京御道街标营第一号墓清理概况》，《文物参考资料》1956年第6期第47页。
［19］黄颐寿：《江西清江武陵东汉墓》，《考古》1976年第5期第331页。
［20］《邓县彩色画像砖墓》，文物出版社1958年版。
［21］《考古学报》1957年第1期。
［22］江西省博物馆：《江西南昌晋墓》，《考古》1974年第6期第373页。
［23］洪剑民：《略谈成都近郊五代至南宋的墓葬形制》，《考古》1959年第1期第36页。
［24］华东文物工作队：《南京幕府山六朝墓清理简报》，《文物参考资料》1956年第6期第29页。
［25］南京博物院：《丹阳胡桥南朝大墓》，《文物》1974年第2期第44页。
［26］南京博物院：《南京栖霞山甘家巷六朝墓群》，《考古》，1976年第5期第316页。
［27］秦都咸阳考古工作站：《秦都咸阳第一号宫殿建筑遗址简报》，《文物》1976年第11期第12页。
［28］《望都一、二号汉墓》，文物出版社1959年版。
［29］广州市文管处：《广州秦汉造船工场遗址试掘》，《文物》1977年第4期第1页。
［30］夏鼐：《无产阶级文化大革命中的考古新发现》，《考古》1972年第1期第29页。
［31］陕西省文管会：《凤翔先秦宫殿试掘及其铜质建筑构件》，《考古》1976年第2期第121页。
［32］秦都咸阳考古工作站：《秦都咸阳第一号宫殿建筑遗址简报》，《文物》1976年第11期第12页。
［33］考古研究所汉城发掘队：《汉长安城南郊礼制建筑遗址群发掘简报》，《考古》1960年第7期第36页；雒忠如：《西安西郊发现汉代建筑遗址》，《考古通讯》1957年第6期第26页。
［34］陕西省文管会：《凤翔先秦宫殿试掘及其铜质建筑构件》，《考古》1976年第2期第121页。
［35］中国历史博物馆考古组：《燕下都城址调查报告》，《考古》1962年第1期第10页。
［36］郭宝钧：《洛阳西郊汉代居住遗址》，《考古通讯》1956年第1期第18页。
［37］罗宗真：《南京西善桥油坊村南朝大墓的发掘》，《考古》1963年第6期第291页。
［38］《敦煌壁画中所见的中国古代建筑》，《文物参考资料》第2卷第5期。
［39］罗宗真：《南京西善桥油坊村南朝大墓的发掘》，《考古》1963年第6期第291页。
［40］于豪亮：《记成都扬子山一号墓》，《文物参考资料》1955年第9期第70页；刘桂芳：《山东掖县古墓出土的鎏金器和其他文物》，《文物参考资料》1956年第12期第34页。
［41］湖北省文管会：《湖北宜城"楚皇城"遗址调查》，《考古》1965年第8期第377页。
［42］俞伟超：《邺城调查记》，《考古》1963年第1期第15页。
［43］考古研究所洛阳工作队：《汉魏洛阳城一号房址和出土的瓦文》，《考古》1973年第4期第209页。
［44］林直村：《陕西扶风黄堆乡发现周瓦》，《考古通讯》，1958年第9期第73页。
［45］刘敦桢：《中国住宅概说》，建筑工程出版社1957年版。
［46］郭宝钧等：《一九五四年春洛阳西郊发掘报告》，《考古学报》1956年第2期。
［47］考古研究所洛阳工作队：《汉魏洛阳城一号房址和出土瓦文》，《考古》1973年第4期第209页。
［48］考古研究所西安工作队：《唐青龙寺遗址发掘简报》，《考古》1974年第5期第322页。
［49］刘致平：《中国建筑类型及结构》，建筑工程出版社1958年版。
［50］《魏书・释老志》。

第七章　石建筑结构技术

概　说

石构建筑是我国古代建筑的一个组成部分。早在辽宁盖平县、复县所发现的原始石棚，已经使用打磨过的细花岗石，前壁高16.5米，盖板宽4.5米，建造得平直方正。商早期宫殿遗址，在木构建筑的柱下使用了石础。《礼记·曲礼》记载："天子之六工，曰：土工、金工、石工、木工、兽工、草工"。说明石工是六工之一。春秋战国之交，我国进入封建社会。铁工具的普遍使用，为石材的开采和加工创造了有利条件。秦汉以后，石材较普遍应用于各类建筑上。

我国古代建筑运用石材主要可归纳为四种：（1）开凿山岩的洞窟工程；（2）石构建筑物；（3）石建筑小品；（4）木构建筑中的石构件。

开凿山岩的洞窟工程是石结构建筑的一种特殊类型。现知的洞窟工程最早为西汉；河北满城一号、二号墓开凿于西汉武帝元鼎四年（公元前113年）前后。东汉永平四年（公元61年）在陕西开褒斜道，凿了一段历史上著名的隧道——石门。同时在四川乐山、彭山等地盛行一种因山开凿的崖墓，当地山石为红砂岩，易于开凿加工。有的崖墓深达数米，平面复杂，墓壁有大量雕刻；就开凿山岩的工程来说，已有巨大规模。南北朝以后，随着佛教的传播，开凿了大量的石窟寺，至宋元逐渐走向衰落。现存石窟群在一百处以上。其中著名的如敦煌莫高窟、大同云岗石窟和洛阳龙门石窟等。这些石窟群散布在山崖上，鳞次栉比，是古代劳动人民智慧和血汗的结晶，也是洞窟工程最重要的史迹。

石构建筑可分为地下工程——墓室，地面建筑——塔、房屋、桥梁等。

我国古代出于"事死如生"的厚葬思想，对墓室建筑的耐久性一向很重视。在发展过程中，砖石墓逐渐取代了木椁墓。最早遗物如东汉辽阳石墓是用石灰质板岩建造的，为板式结构；山东沂南石室墓采用梁柱结构。东汉中期以后，石室墓很盛行，其平面以长方形单室为最多，壁体用石块叠砌，上下用石板铺盖。直到隋唐以后，石室墓仍多用石梁、石板盖成平顶。

在结构上，东汉砖墓已使用拱券；这种拱券结构方法在石墓中也得到了应用，如安徽亳县东汉墓、四川重庆东汉墓等。明定陵的地宫结构使用了筒形拱结构，与明代一般地面石建筑的结构相同。

桥梁是重要的交通工程，它不仅要承受很大的荷载，而且跨度大，恒处露天环境，所以石材是建造桥梁的适当材料。

秦汉时在渭水桥采用了石柱；长安灞桥、洛阳建春门石桥都是梁式石桥。东汉画像砖上所反映的裸拱桥可能是石拱桥的最早资料。隋大业年间出现了赵州安济桥，它是我国至隋代为止石桥工程技术的总结，而且往后一直影响到金、元时期。

宋代我国石工技术有较大的发展。在一些宽阔的水面上，出现了多跨梁式石桥。如福建泉州的洛阳桥、安平桥、金鸡桥等。宋代以后又普遍出现多跨连续拱桥。以金明昌三年（1192年）始建的北京芦沟桥为最典型。

塔是一种高层建筑。《魏书·释老志》载皇兴中（公元467—471年）构三级石佛图"榱栋楣楹，上下重结，大小皆石，高十丈，缜固巧密，为京华壮观"。现存石塔以山东济南神通寺四门塔为最早，建于隋大业七年（公元611年），是一座单层方塔。从全国来看，石塔以福建地区最为集中，保留了不少五代至宋的遗构，而形式上都属于仿木构楼阁式。除个别的为实心砌体的石雕小塔外，一般都能攀登。其规模和建筑技术在古代石塔中具有代表性。

石塔的类型可分为三种。第一种是没有塔室的小型塔，塔心部分仅设阶梯踏道，直通上层平座。这种塔仅比实心砌体的石雕小塔大些。建于五代晋天福六年（941年）的福州崇妙保圣寺坚牢塔（乌塔），就是这种类型。

第二种为空筒型石塔，外围用石块砌出八角型塔壁，一般用叠涩出檐。塔室各层用石梁、石板分隔，这是福建地区比较普通的一种类型。如福清水南塔、莆田东山寺塔和广化寺释迦文佛塔，晋江关镇塔等。

第三种为带有塔心柱的石塔。这种塔仿木构的特点最为显著。以著名的泉州开元寺双石塔和晋江六胜塔塔为代表。

纯用石材构成的建筑物，如石屋、石亭、石室等为数不多，规模也不大，其外观亦多仿木构建筑，最早遗例是山东肥城郭巨祠。

石构中建筑小品占有一定比重，而且种类繁多。它介于建筑工程也与雕刻艺术之间，就工程技术来说比较简单。例如石阙、经幢等。

古代在宫殿、祠庙、陵墓前往往建有阙，以标志入口。东汉时的石阙至今尚存二十几处。汉阙的造型有两种：一种是单阙，形状类似石碑，另外一种是子母阙，在主阙的外侧连有小阙。其构造一般为石砌体，顶部雕刻成屋盖，如河南登封少室阙。有的阙身雕凿了不少木构建筑形象，如雅安高颐阙。石柱和华表也是出入口的重要标志。遗物以六朝陵墓前的石柱为最早，而且造型奇特，柱身刻出垂直的凹槽。河北定兴北齐的义慈惠石柱是纪念性建筑。华表原为木构，晋崔豹《古今注》卷下云："以横木交柱头，状若花也，形似桔槔，大路交衢悉施焉。"后改为石料，以北京天安门前的一对为最有名。明清封建地主阶级为了在思想上加强统治，大力宣扬封建礼教和旌表忠贞，除了石碑外，大量建造牌坊。石牌坊分布很广，著名的如北京明十三陵石牌坊，安徽歙县明大学士纪功坊等。

经幢是佛教特有的一个类型。也是佛教寺院中的建筑小品。原来是在一根木杆上饰以彩帛，立于佛殿前，后来改为石构，具有宗教上的意义。经幢的基座多雕刻成"须弥座"，幢身为八角形，上刻陀罗尼经，幢顶饰以莲花火焰。唐代的经幢造型简朴，有很高的艺术价值。此外实心的小石塔，也是佛教寺院中的建筑小品，由石块叠砌，或加以丰富的雕刻。如杭州闸口宋白塔，灵隐寺五代双石塔，南京栖霞山五代舍利塔等。

在木构建筑需要重点防潮、防腐的部位，一般都采用石材。河南偃师二里头商代宫殿遗址中，就出现了石柱础。柱础可以使上部的荷载均匀地传给地基，而且对木柱有防潮作用。一般木构建筑的台基外沿包砖上有阶条石，转角处有角柱石，正中设有石踏跺。大型建筑，采用须弥座台基，周围有石栏杆，在踏跺的正中雕有云龙阶石。如故宫三大殿、天坛祈年殿、圜丘等都使用三层早白玉须弥座，是台基中最华贵的。此外，一些木构建筑的外檐柱，也有使用石柱的。宋太平兴国七年（982年）建造的苏州寿宁万岁禅院大殿，尚存有青石加工的石檐柱、石础等，在这些石构件上均有精美的雕刻。山东曲阜孔庙大成殿的前檐柱，是明代雕刻的盘龙石柱，形象生动雄健；福州孔庙大成殿内外也全为石柱。在我国南方产石地区，石柱、石墙以及石屋面的使用相当普遍。

我国古代匠师在石结构建筑的结构与施工方面积累了丰富经验。在结构上汉代就有板式结构，梁式结构和拱券结构三种。板式结构一般使用石灰质板岩作为墙壁，上下铺盖石板，但这种结构限于板料的尺度，一般规模都比较小。

梁柱结构在石构建筑上使用很普遍。山东沂南东汉墓周围为块石砌筑，顶部用条石叠涩封顶。在中轴线上有一排石柱。该墓的梁柱关系可分为三种情况，第一种是以八角擎天柱为代表，柱上的斗栱横梁为一整块石头雕成，石梁成悬臂结构。

第二种是方形的柱子，梁端头搁置在柱头上，成一般简支梁形式。第三种即长约2.8米的门楣石，中间有一石柱，把墓门分为二间，门楣石为二跨的连续梁。所以作为梁柱结构的基本形式，在沂南东汉墓中都得到了反映。

石材在受力性能上和砖有着共同的特点：它们都适合于承受压力。花岗石的抗压强度为1200—3000公斤/厘米^2，而它的抗拉强度约相当于抗压强度的1/50；所以材料完全受压的拱券结构是石结构的最理想结构方式。

东汉画像砖上的裸拱桥是石拱券使用在桥梁上的最早资料。隋代的赵州安济桥是一座37米跨度的单跨拱桥，由二十八排并列券组成；这种组合的桥施工时可以避免满堂脚手，但结构的整体性比较差。宋代，石料的开采技术有了提高，大石料可达数十立方米，因此在一些产石地区出现了大型的多跨梁式石桥。随着石梁的加大，对运输安装带来了困难。宋代以后发展了多跨拱桥。明清时期，多跨拱桥在各地得到了普遍的建造。石拱的构造也从并列式筒拱发展到纵联式筒拱，使桥的整体性大大加强。多跨拱结构多半采用半圆拱。在等跨连续拱的石桥上，拱模板可以重复使用，对施工放样都很有利。

石材的砌筑，一般采用上下错缝、平叠垒筑，和一般砖砌体没有多大区别。为了加强墙体的稳定，也有采用空斗墙的砌法。在需要出跳的部分，使用叠涩。石块与石块之间一般不用胶结材料。在拱券上使用铁构件，加强横向联系。《新唐书》曾记载唐乾陵“玄阙石门，冶金固隙”。经初步勘查，墓道长63.10米，宽3.9米，全用石条填砌，从墓道口至墓道门共三十九层，每层石条各用铁栓固定，并灌注铁水。在宋《营造法式》上载有“卷輂水窗”（即跨河石拱）的做法，施工中石拱的水平联系用“熟铁鼓卯”，石缝中“溉以锡”，上下层之间“每二层铺铁叶一重”。明清以后，一般工程在石缝中灌石灰浆。根据清工部《工程做法》，灌浆在白灰中加有江米和白矾；石缝勾抿用白灰加桐油；粘补石料使用黄蜡、芸香、木炭；补石须加白蜡、石面。它们都有一定的配合比。在各石构件之间，为了稳定起见，有时垫铜片或铁片，在江河堤岸的石块间，普遍使用铁锭，使石块之间连系紧密。

纵观我国古代的石结构建筑体系，同样是一脉相承，有着一贯的传统。由于岩石一般都暴露在地层的表面，具有较大的硬度，容易为人们所认识和利用，所以，在人类认识自然和改造自然的过程中，石料是最先被利用的材料之一。但在我国建筑发展史中，石结构建筑与木结构建筑相比，又始终处于从属地位。石料的硬度大，耐久性好，但开采与加工都不如木材方便，同时自重大，运输不便，所以石材仅在带有纪念性的建筑和在露天需要经过长久岁月的建筑，以及木构建筑的台基、拉杆、踏跺上才被采用。我国古代石砌体承重结构（如泉州开元寺双塔）可高至48米，拱券结构（如赵县安济桥）跨度达23米多，梁式结构（如漳州虎渡桥）石梁跨度23米，连续长度（如泉州安平桥）可达2,000米。虽然在一些石构建筑上，构造与形式又往往受木构建筑的影响，暴露了仿木结构的痕迹，但在结构上都能符合石材的性能与力学原理。此外，石料的加工与石雕刻也都表现了古代匠师的高超技巧和艺术才能，成为古代劳动人民留给我们的一分优秀遗产。

第一节　石窟工程

石窟寺是一种依山开凿的佛教寺院，自佛教传入我国后就陆续地兴建起来。

佛教产生于印度。公元前后我国新疆等地区就已盛行，大约到东汉时传入中原地区。石窟寺创始于印度，僧侣们在远离城市的山林中开凿石窟，过着清净修行的生活。印度石窟分为两类，一是毘诃罗（Vihara），也叫精舍、僧房，是一个方形的窟洞，惯面是佛堂，左右是小室。另一种是制底（Caitya），原意是塔庙。制底窟的后部凿成半圆形，中央有复钵形的小塔，塔左右凿有八角形石柱，前部是长方形的礼堂。作为一种开山工程来说，中国有很早的历史。西汉元鼎四年（公元前113年）开凿河北满城一号、二号墓属石灰岩，一号墓长51.7米，最高处6.8米，容积达2700立方米，洞窟容积已很大（图7-1-1）。在公元一、二世纪时，四川在山崖上开凿崖墓的风气很盛，其中彭山和乐山地区的崖墓多沿山依天然红砂崖石凿成，高低参错地分布在峭壁上，规模宏大，墓室内外都有极丰富的石刻浮雕，墓壁还凿有反映木构建筑特有的梁柱斗拱。在石龛上有汉代风格的屋顶、屋檐、屋脊等形象。开凿年代，从已发现墓表上的文字看，有东汉建初二年（公元77年）到光和三年（公元180年）的。褒城栈道石门，更是汉代著名的隧道工程。

石窟寺在我国西北地区和黄河流域最为著名，在新疆、甘肃、河南、山西、山东、河北以及陕西、辽宁等省都有。至于南方，如四川、江苏、浙江、云南等省也有。开凿的时间，以南北朝、隋、唐为高峰，五代以后逐渐衰落。全国各地现存大小石窟群在二百处以上。其中又以克孜尔、敦煌、云岗、龙门、麦积山、炳灵寺、天龙山等处最为著名。

从年代来说，现存最早的石窟在新疆。新疆是古代亚欧交通要道，也是我国佛教最先传播的地区。在天山以南，现存石窟群有十三处。其中

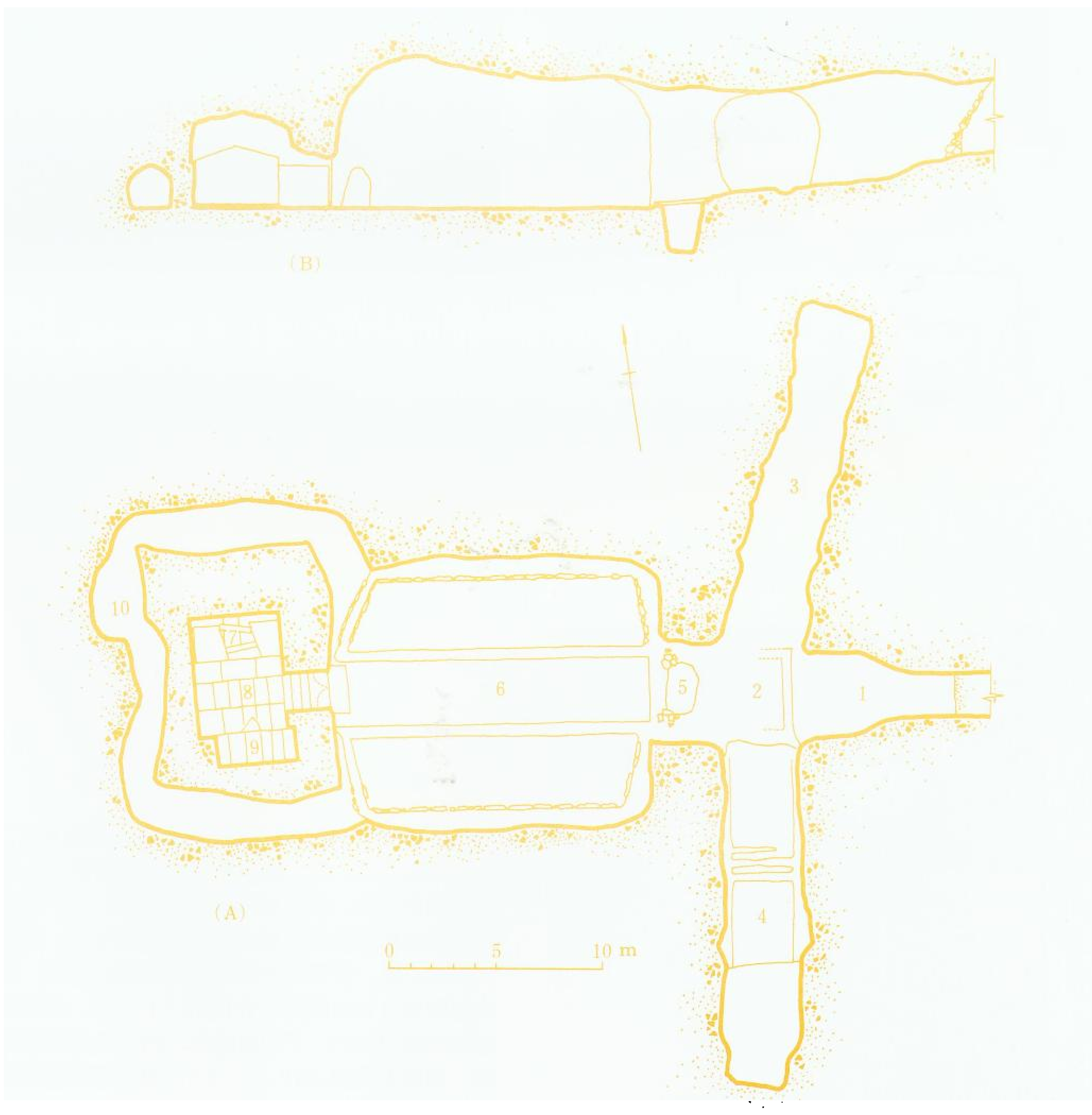


图7-1-1　满城一号墓A平面图、B剖面图

1.墓道；2.甬道；3.北耳室；4.南耳室；5.渗井；6.中室；7.棺床；8.后室；9.小侧室；10.回廊

拜城克孜尔石窟是早期的石窟群之一（图７－１－２）。克孜尔石窟在拜城东南57公里的戈壁悬崖上，蜿延长达１公里，现残存二百三十五窟。克孜尔石窟的石质为红砂岩与黄土的混合物，比较松散，不宜于雕刻，也经不起风雨的侵蚀。但新疆地区气候乾燥，雨量稀少，对石窟的保存是有利条件。有的石窟是靠着悬崖用土坯砌起的窟洞，窟内多壁画和泥塑，反映了古代劳动人民因地制宜的创造。

克孜尔石窟的早期窟型，可分为三种：一种



图7-1-2　新疆克孜尔石窟第227窟正面窟型

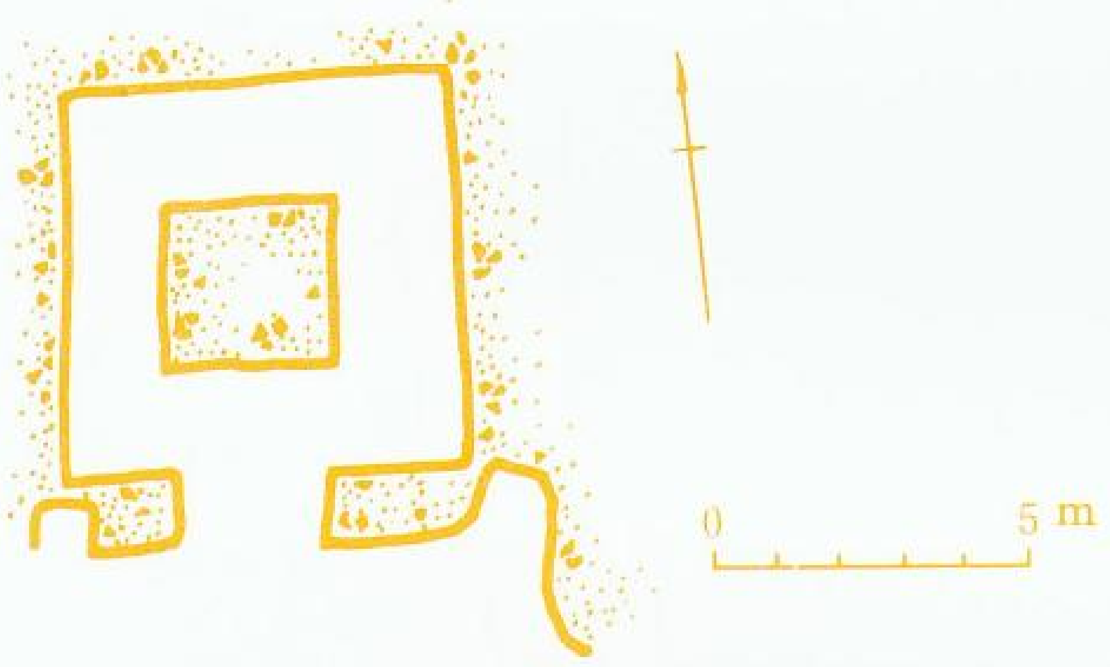


图7-1-3　（１）新疆克孜尔石窟第17窟平面图

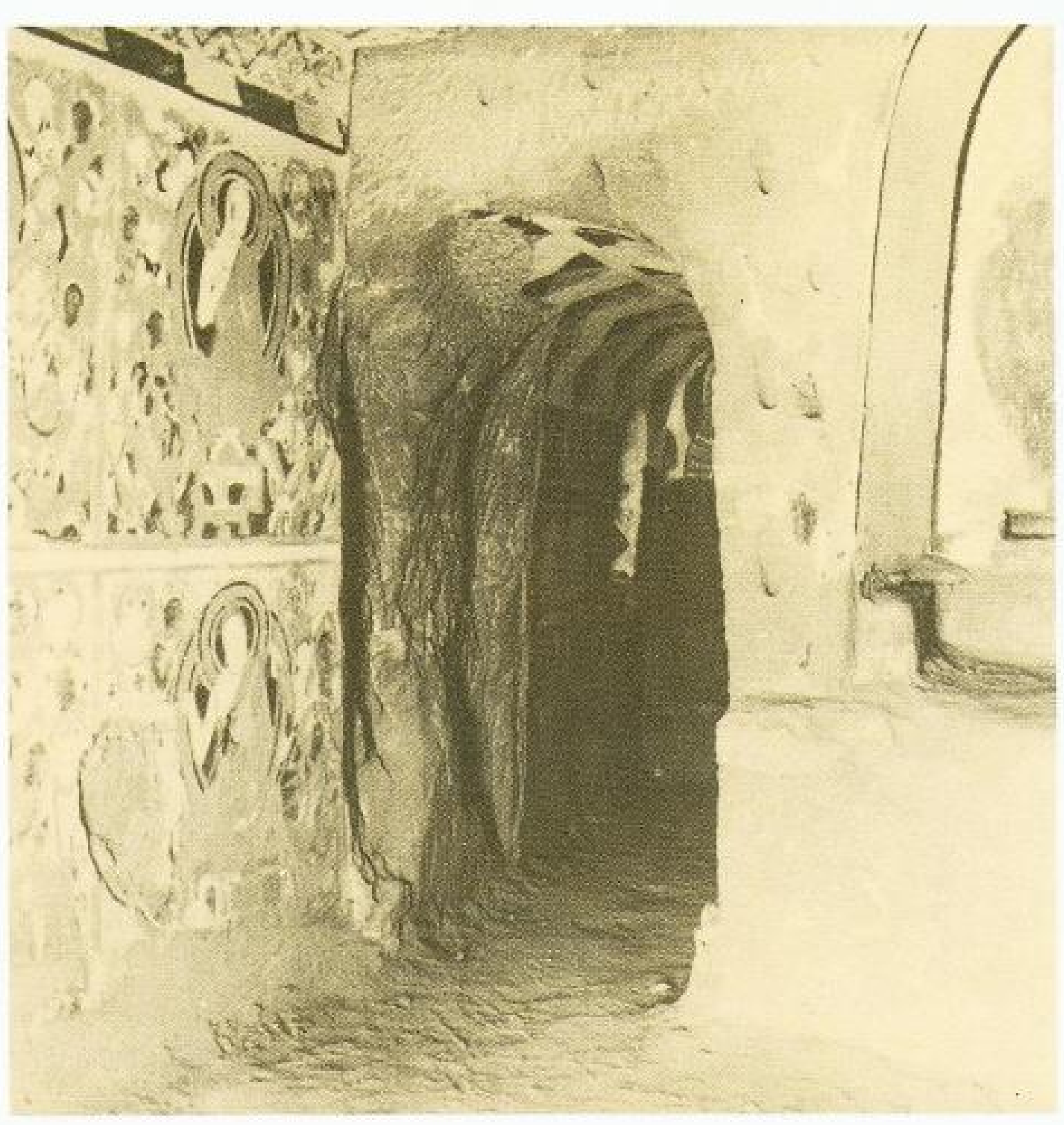


图7-1-3　（２）新疆克孜尔石窟第17窟窟型

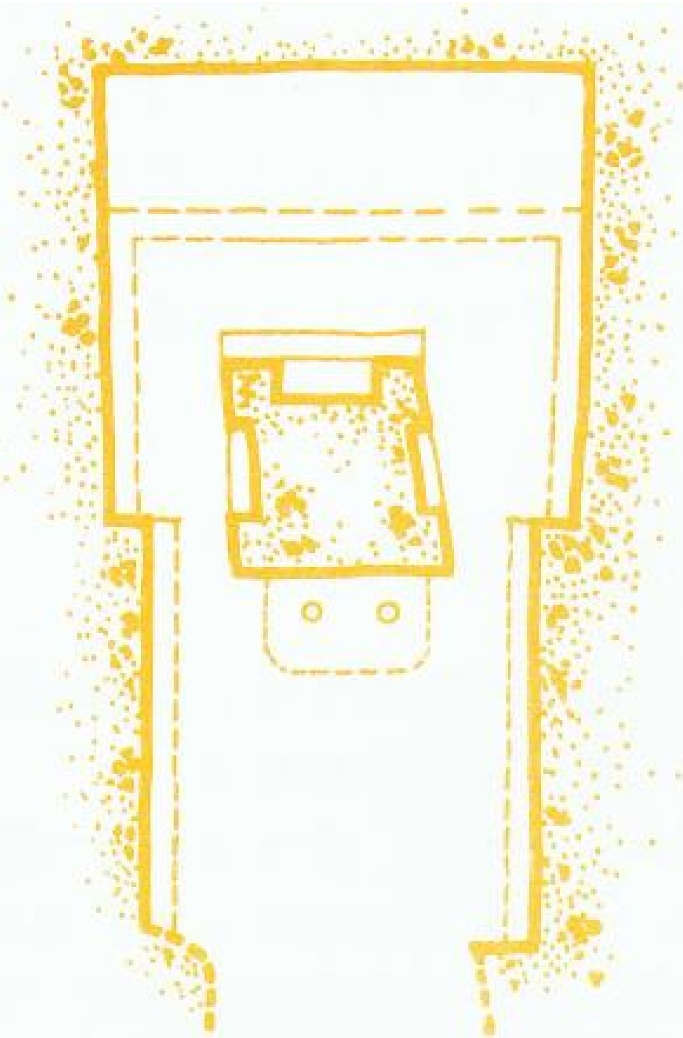


图7-1-4　（１）新疆克孜尔石窟第47窟平面图



图7-1-4　（２）新疆克孜尔石窟第47窟窟型



图7-1-5　新疆克孜尔石窟第10窟平面图

是平面长方形，分前后二室。前室几乎全崩塌了。后室为纵券顶，在正面凿佛龛，龛前有壁塑。佛龛两侧开甬道，甬道后有隧道相连(图７－１-３)。另一种是前室凿摩崖露天大龛，龛内塑像，室内二旁开甬道，甬道后开横券顶或盝顶的后室，室内的后壁凿长条形的石台(图７－１－４)。第三种是僧侣的“精舍”。平面很简单，但在其它石窟群中，却很少见到(图７－１－５)。克孜尔石窟开凿年代可能在东汉后期。

在现存石窟中，有确切纪年而又具有高度艺术价值的当首推敦煌莫高窟。敦煌在甘肃省河西走廊的西端，在西汉和魏晋时是中原地区经新疆与中亚之间的交通要道。敦煌石窟包括莫高窟、西千佛崖、榆林窟、水峡口四处。其中以莫高窟最为著名。莫高窟在敦煌县城东南45公里的鸣沙山下。根据文献记载，在前秦建元二年（公元366年）僧乐僔开始凿窟造像。其后，历经北魏、西魏、隋、唐至宋、元，均有修造。在它的盛期，有窟一千多个。现存洞窟四百九十二个，南北长２公里，上下层叠相接，密如蜂窝。敦煌地质为玉门系砾岩，是卵石与砂土的混合物，不宜于雕刻，所以也以泥塑与壁画为主。莫高窟现存塑像二千四百十五尊，最高的达33米，壁画达45万平方米，是伟大的文化艺术宝库。莫高窟的各时期石窟，都有各自的特点(图７－１－６)。莫高窟四百九十二个窟中，属于北朝的约占十分之一，分布在南部崖面的中心。魏窟的形制有两种，最普通的平面是长方形。窟的中心稍后凿成方柱，上面与窟顶平棊天花相连，方柱的四面都凿有佛龛，龛内塑像，僧侣们绕围方柱佛像进行宗教活动。方柱前的窟顶凿成人字形及椽子，脊的两端有栱，明显的反映了中国木构建筑的传统形式。另一种是方形石窟，正面设佛龛塑像。左右为排列整齐的小佛龛塑像。窟顶有凿成人字形的，也有凿成复斗形的，中心是藻井。

隋代各窟在魏窟崖面的北端及下层开凿，石窟的形制除继承了北朝的中心柱石窟外，又出现了正中设坛的方形窟。

唐代在北朝、隋代的石窟基础上，继续向南北两端发展，并向下发展到第一层，现在九十六窟至一百三十窟之间为盛唐时的中心地带。石窟平面大部分是方的，仅后壁凿了一个很深的龛，内有塑像。窟顶演变为复斗形，正中心凿成方形藻井形式。

莫高窟在唐代是它的盛期，唐窟有二百三十二个，几乎占现存总数的一半。其崖面已达到现今之长度，所以在东西、上下层之间的交通就显得很突出。

由于唐代时在崖面上已经满布窟洞，五代及宋，只能在各窟洞之间见缝插针，有的只好改建旧窟，所以五代及宋的各窟显得更为分散。由于开凿的时间不一，不可能有一个统盘的规划，以致有的开洞过密，造成各种损坏。

莫高窟原来都有前室。唐代末年崖面崩坍，莫高窟受到严重破坏。不少石窟前室已毁坏，仅后室暴露在崖面上。为了保护窟洞和解决上下左右的交通，宋代进行了大规模的修缮，加建了木窟檐和栈道。原有窟檐、栈道的痕迹以九十六窟到一百三十窟最为显著，窟上下皆有整齐成列的梁孔痕迹。大约中型窟有窟檐三间。有些有梁孔并无椽孔痕迹的，可能是栈道。现存唐宋木构窟檐六个，大多为单层建筑(图７－１－７)。挑梁后尾插入崖壁，挑梁头承阁道栏杆，之上为地栿、柱、梁架、斗栱，如一般的木构建筑。建造年代最早的约在唐景福元年到乾宁元年（891—894年），其余有宋乾德八年（970年）、太平兴国五年（980年）等。这些窟檐一方面为了保护石窟，使不致受流沙的埋没；一方面使与栈道相连，从

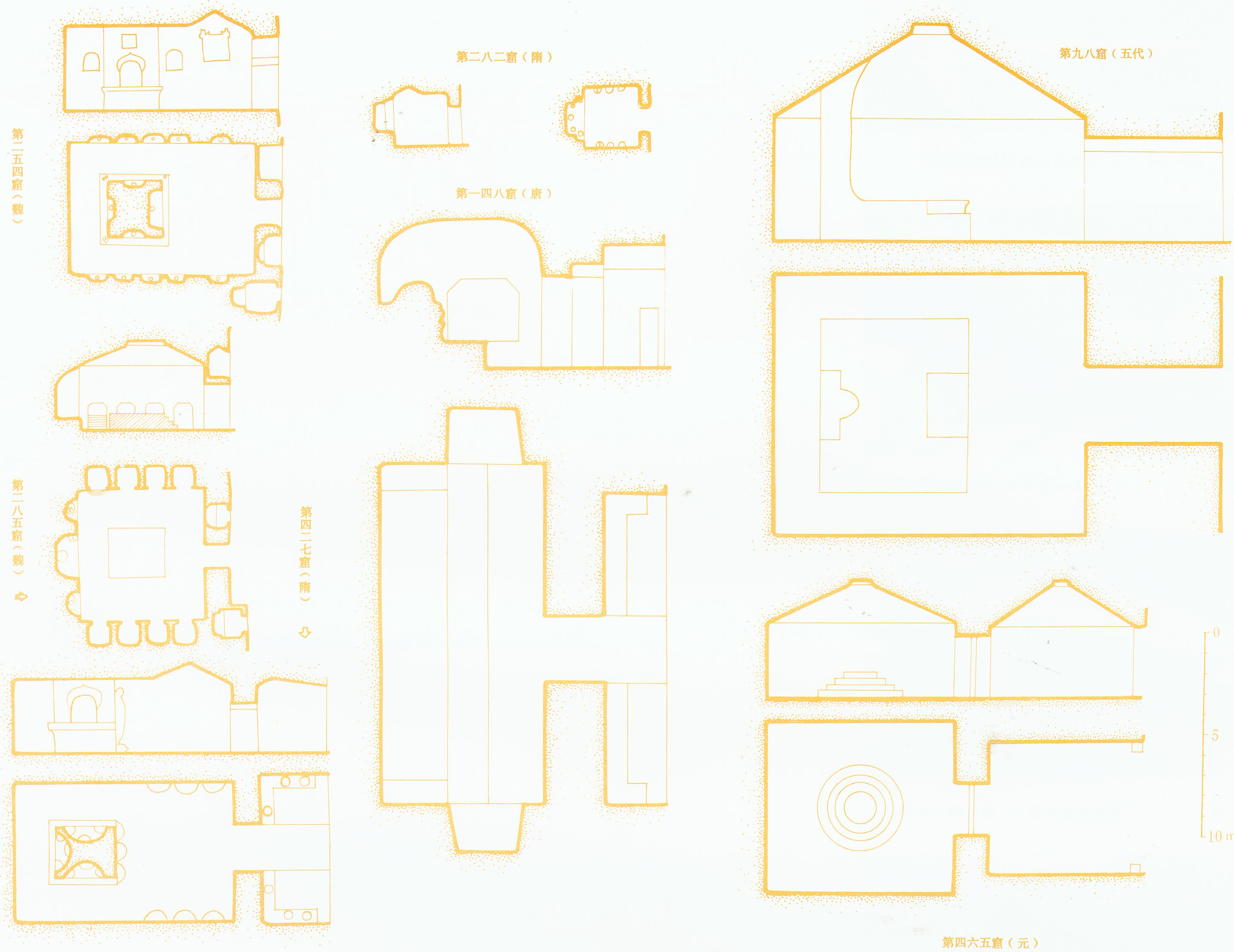


图7-1-6 敦煌莫高窟窟型示意图

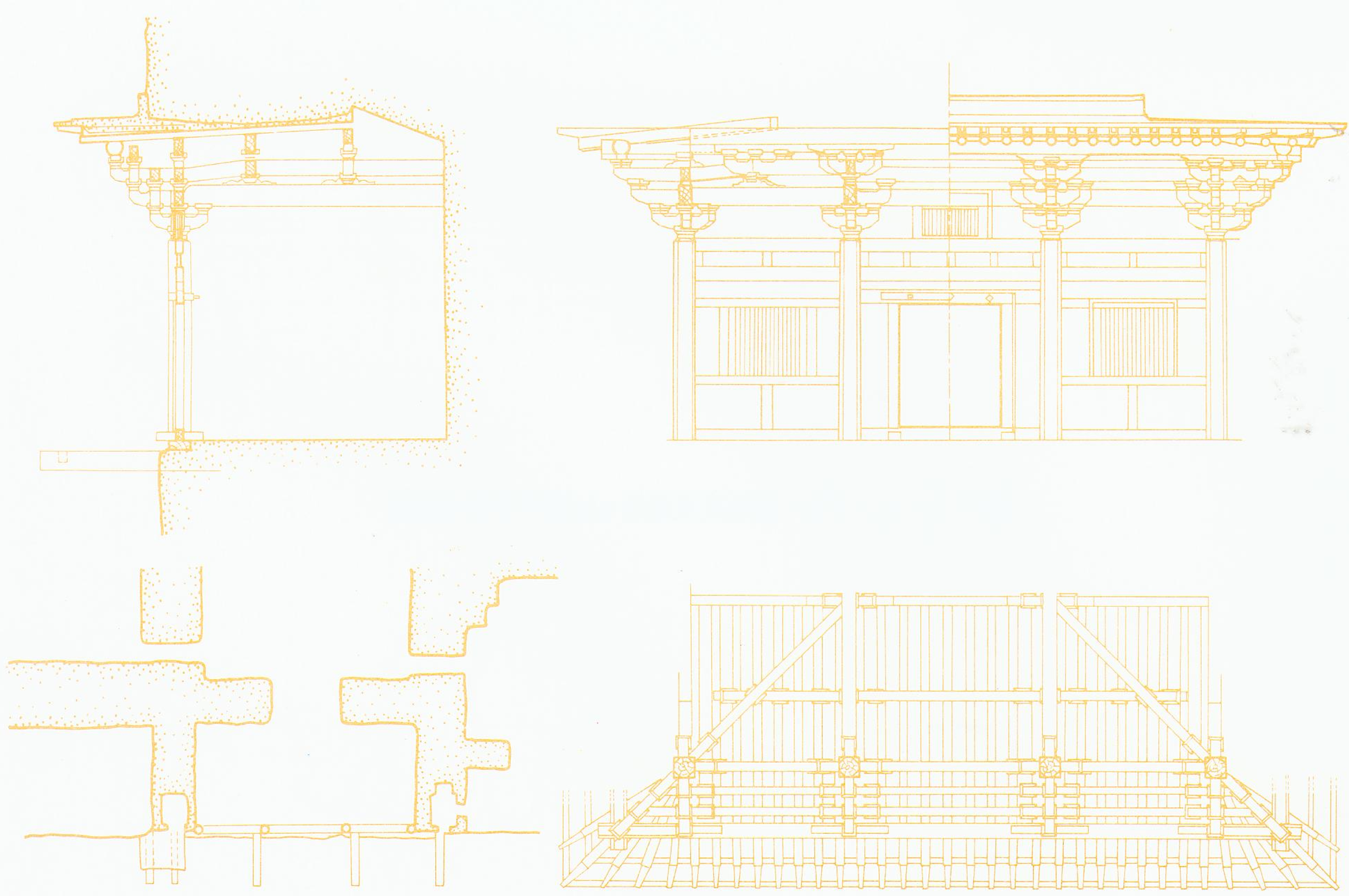


图7-1-7 （1）敦煌莫高窟第427窟木窟檐示意图



图7-1-7 （2）敦煌莫高窟第426窟窟檐



图7-1-7 （3）敦煌莫高窟第427窟内部

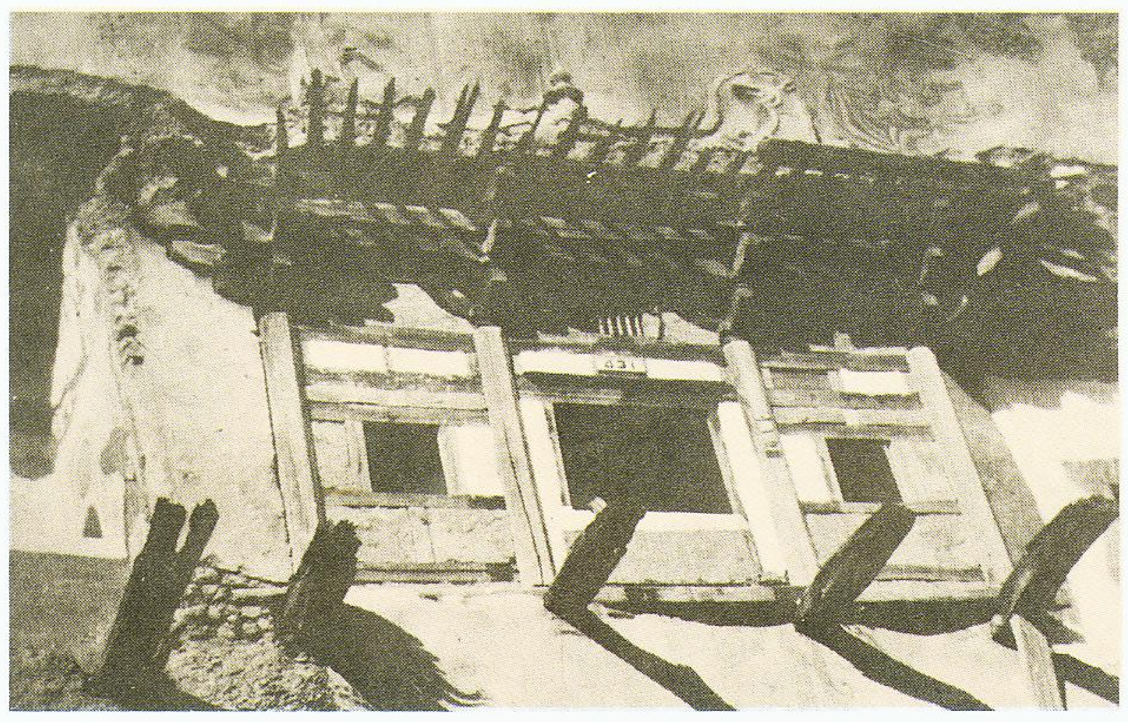


图7-1-7 （5）敦煌莫高窟第431窟修缮前状况

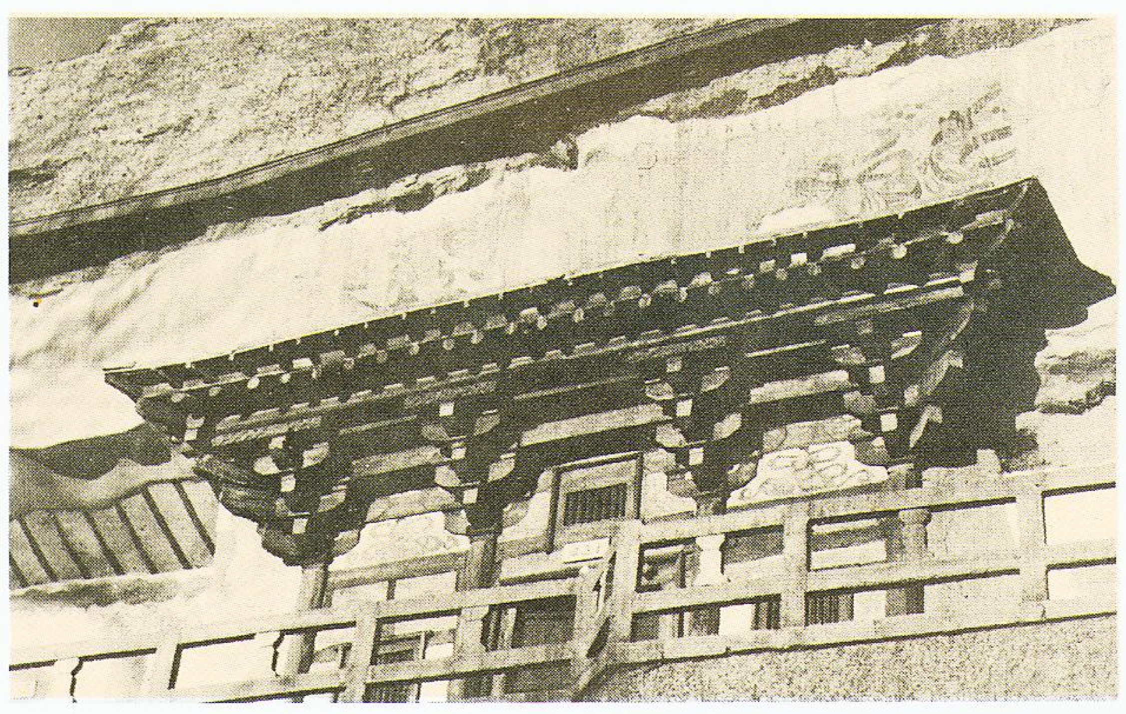


图7-1-7 （6）敦煌莫高窟第431窟修缮后外观

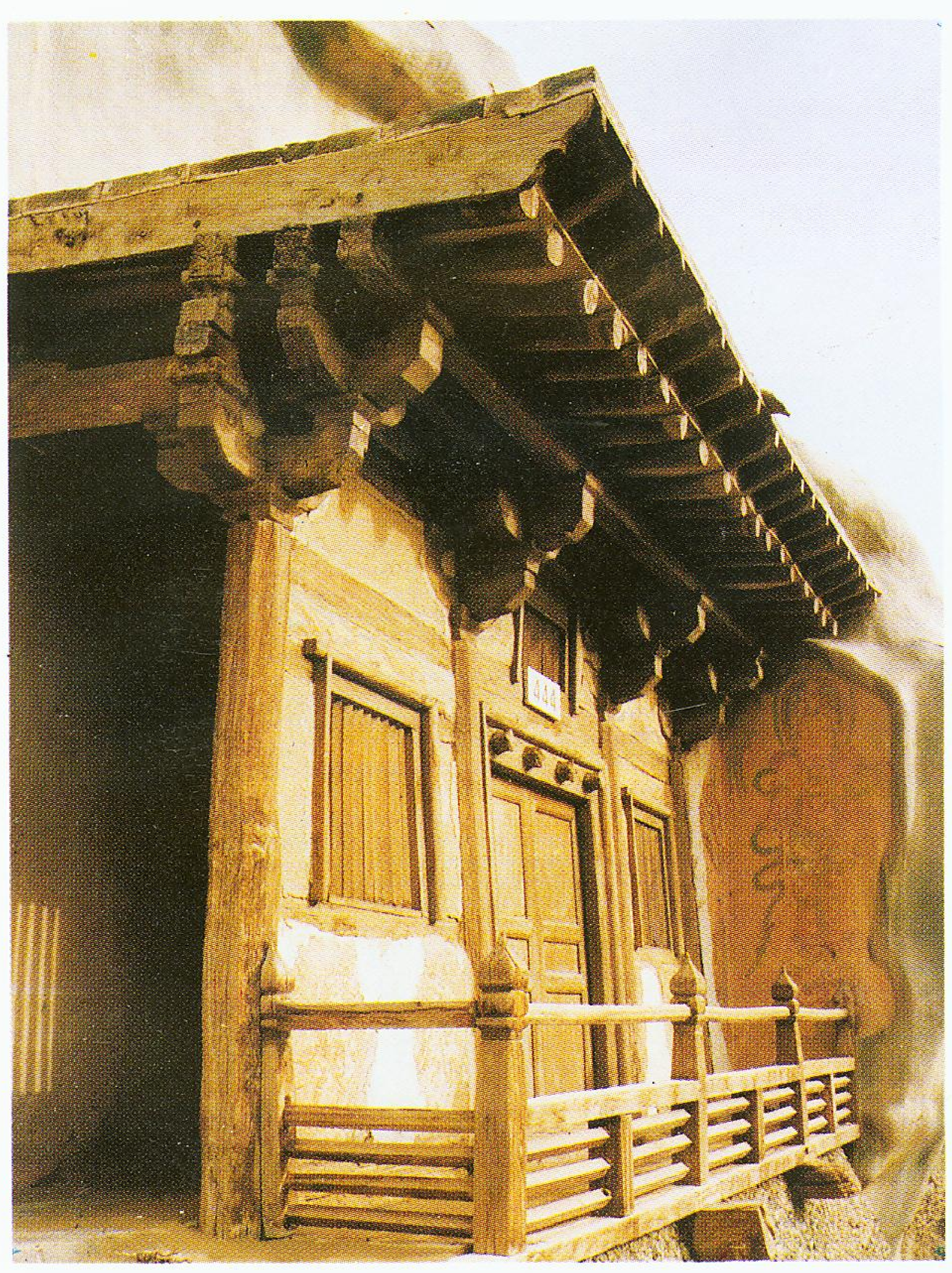


图7-1-7 （7a）敦煌莫高窟第444窟木窟檐

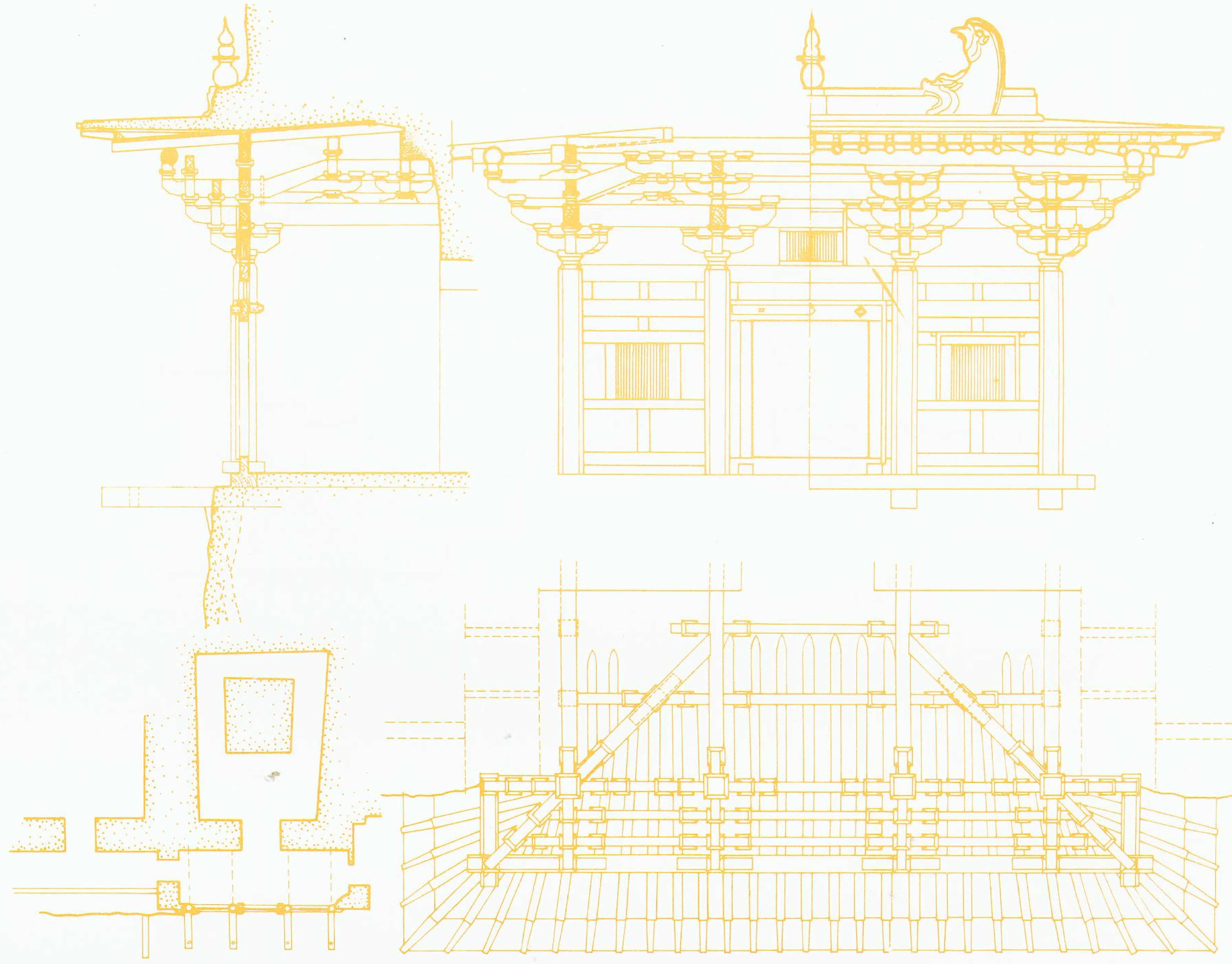


图7-1-7 （4）敦煌莫高窟第431窟木窟窟檐示意图

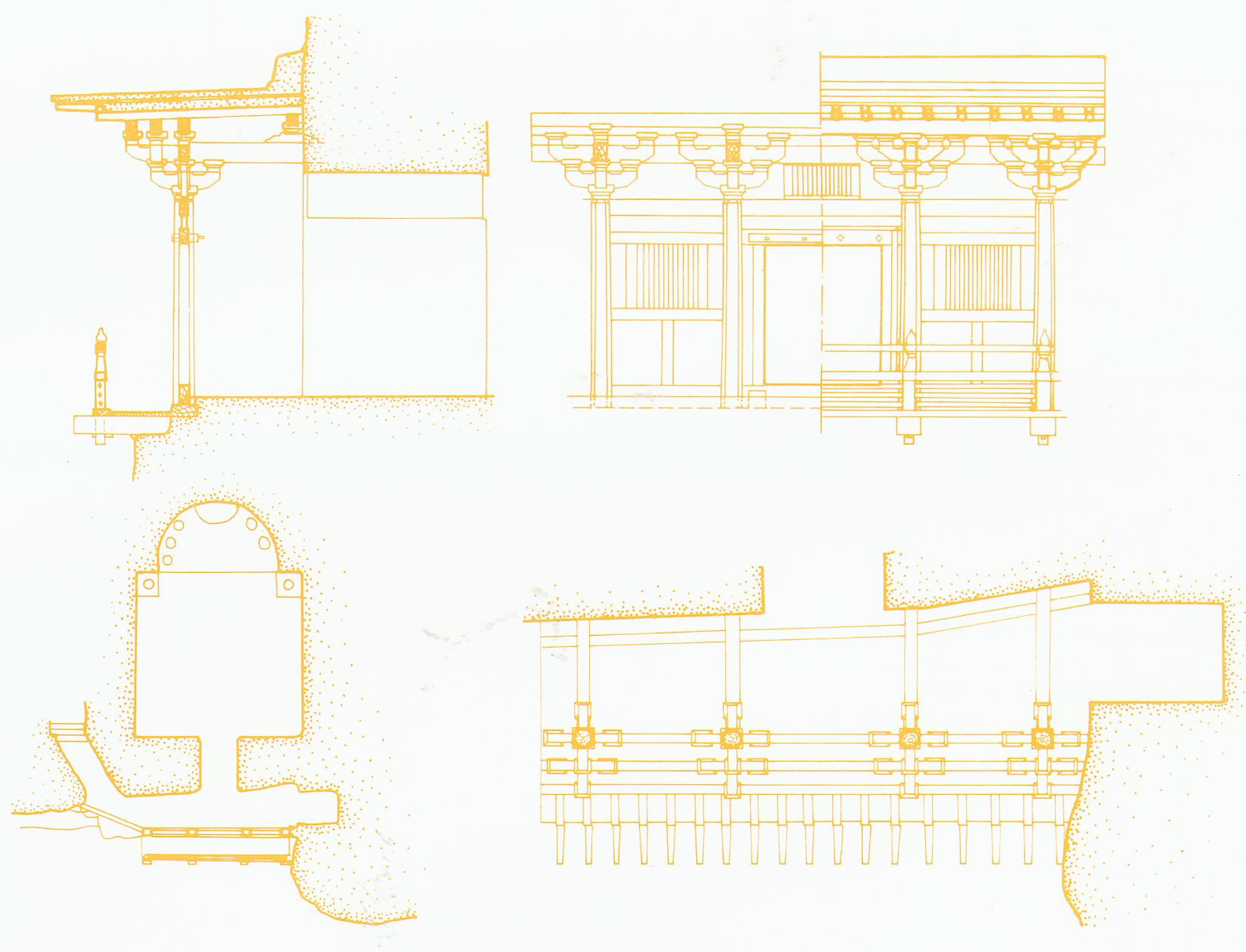


图7-1-7 （7b）敦煌莫高窟第444窟木窟檐示意图

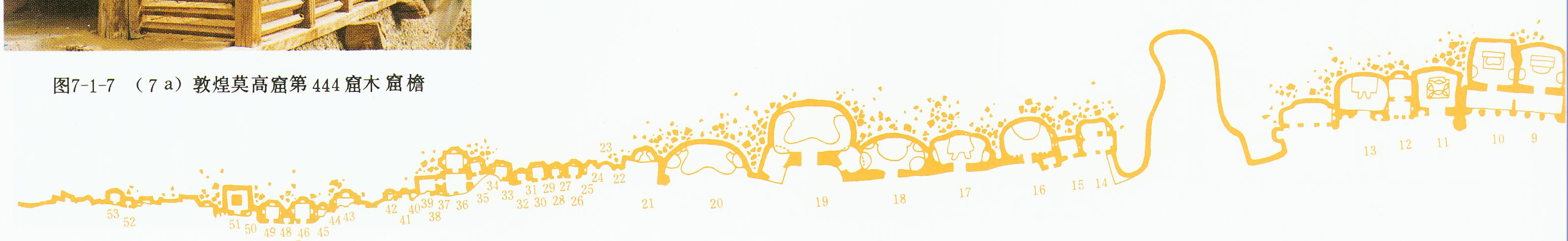


图7-1-8 大同云冈石窟总平面图

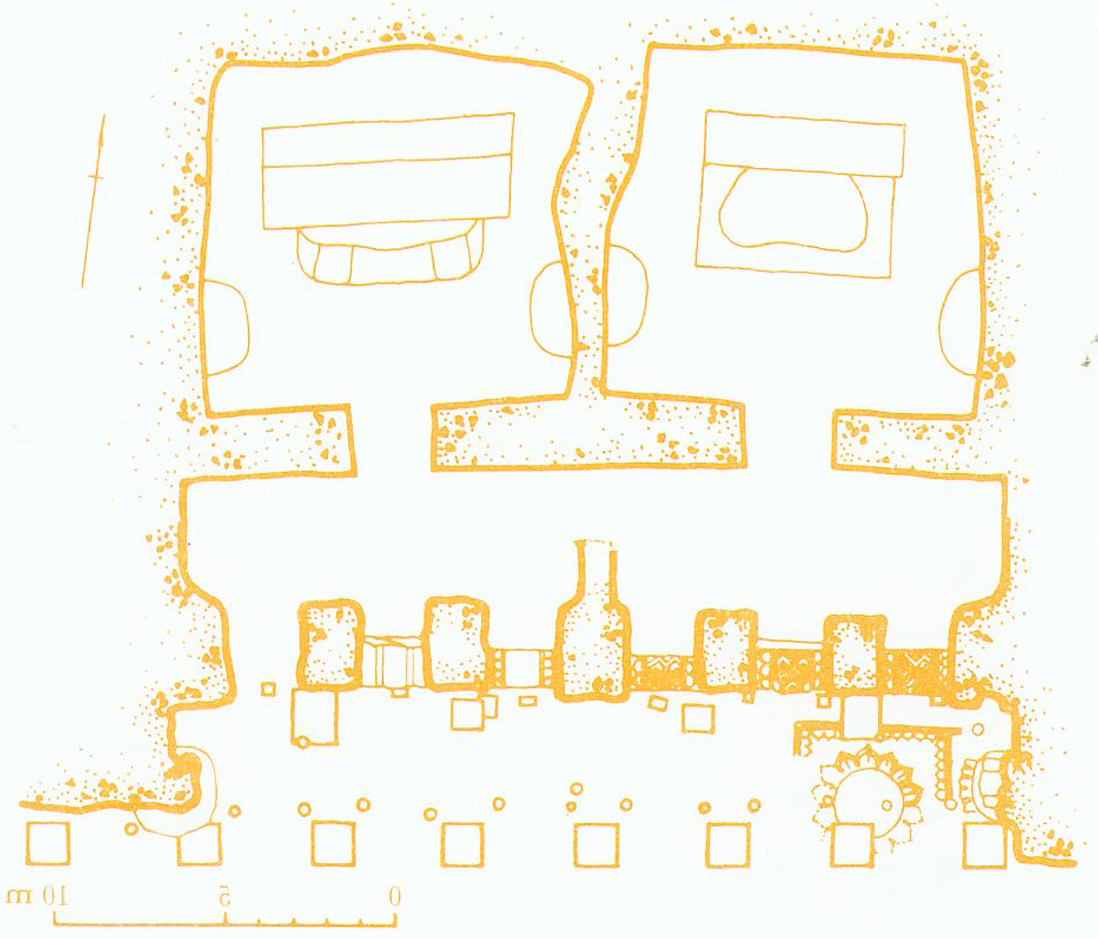


图7-1-9 （1）云冈石窟第9、第10窟平面图

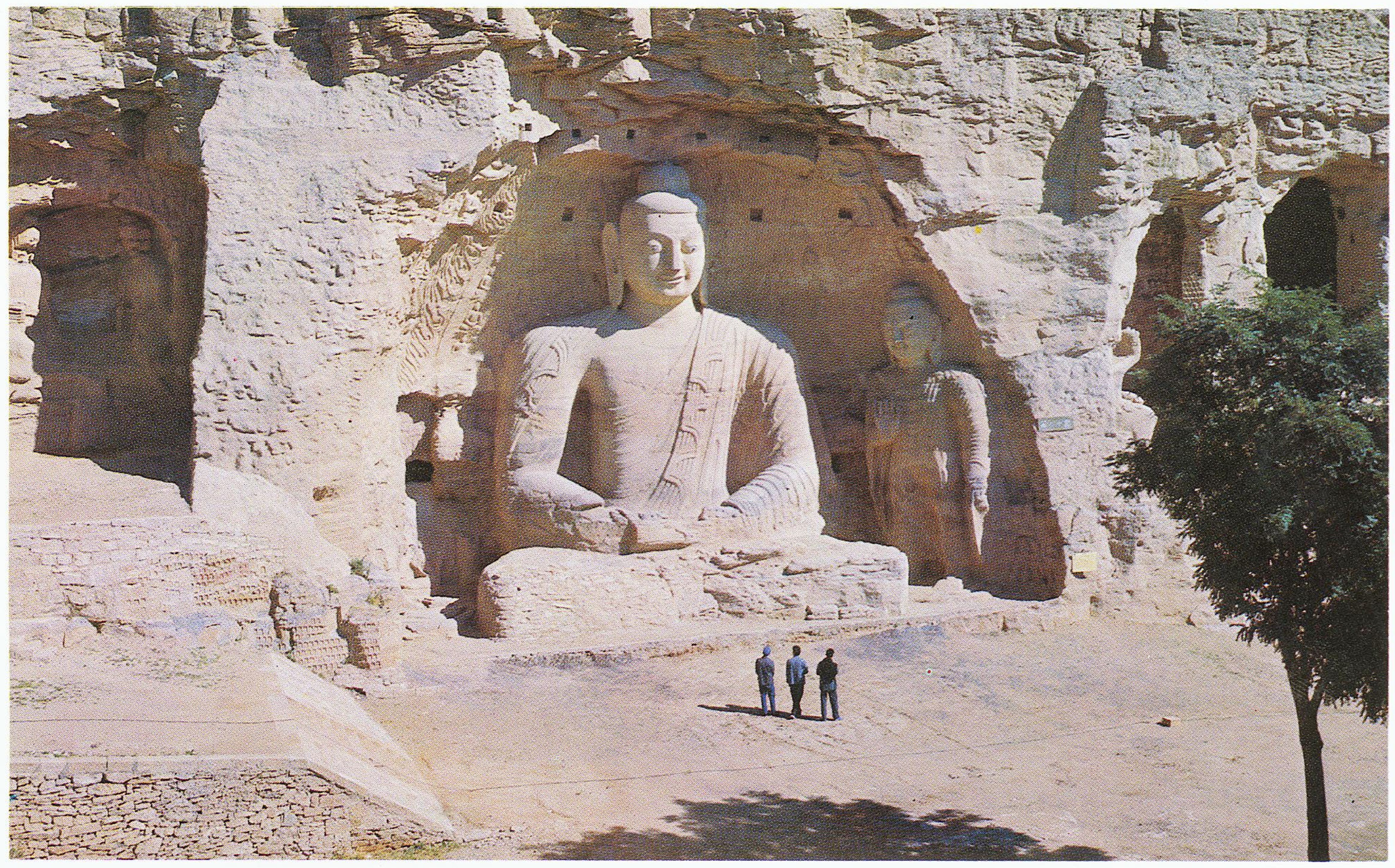


图7-1-9 （4）云冈石窟大佛

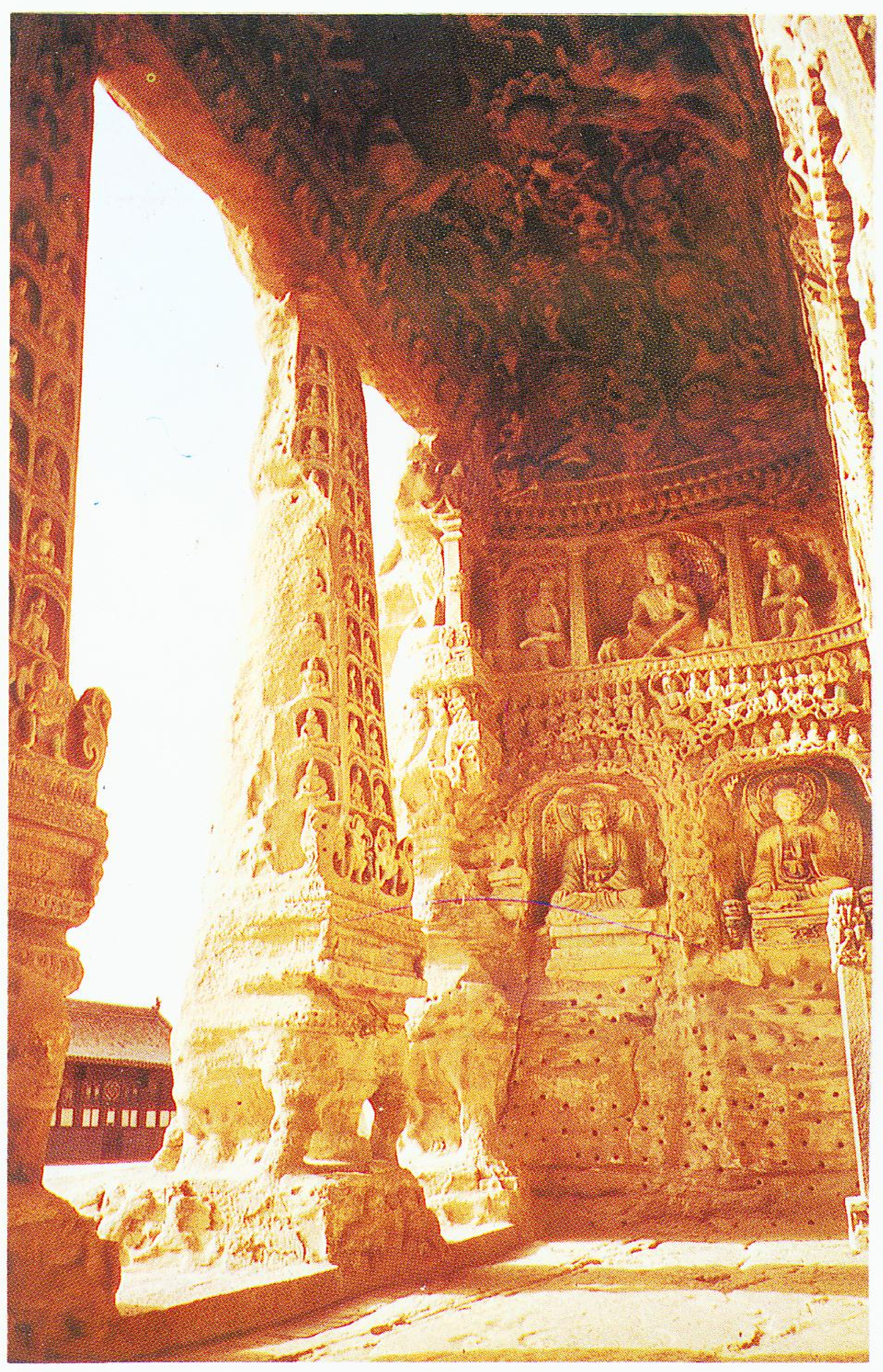


图7-1-9 （3）云冈石窟第 10 窟前室一隅

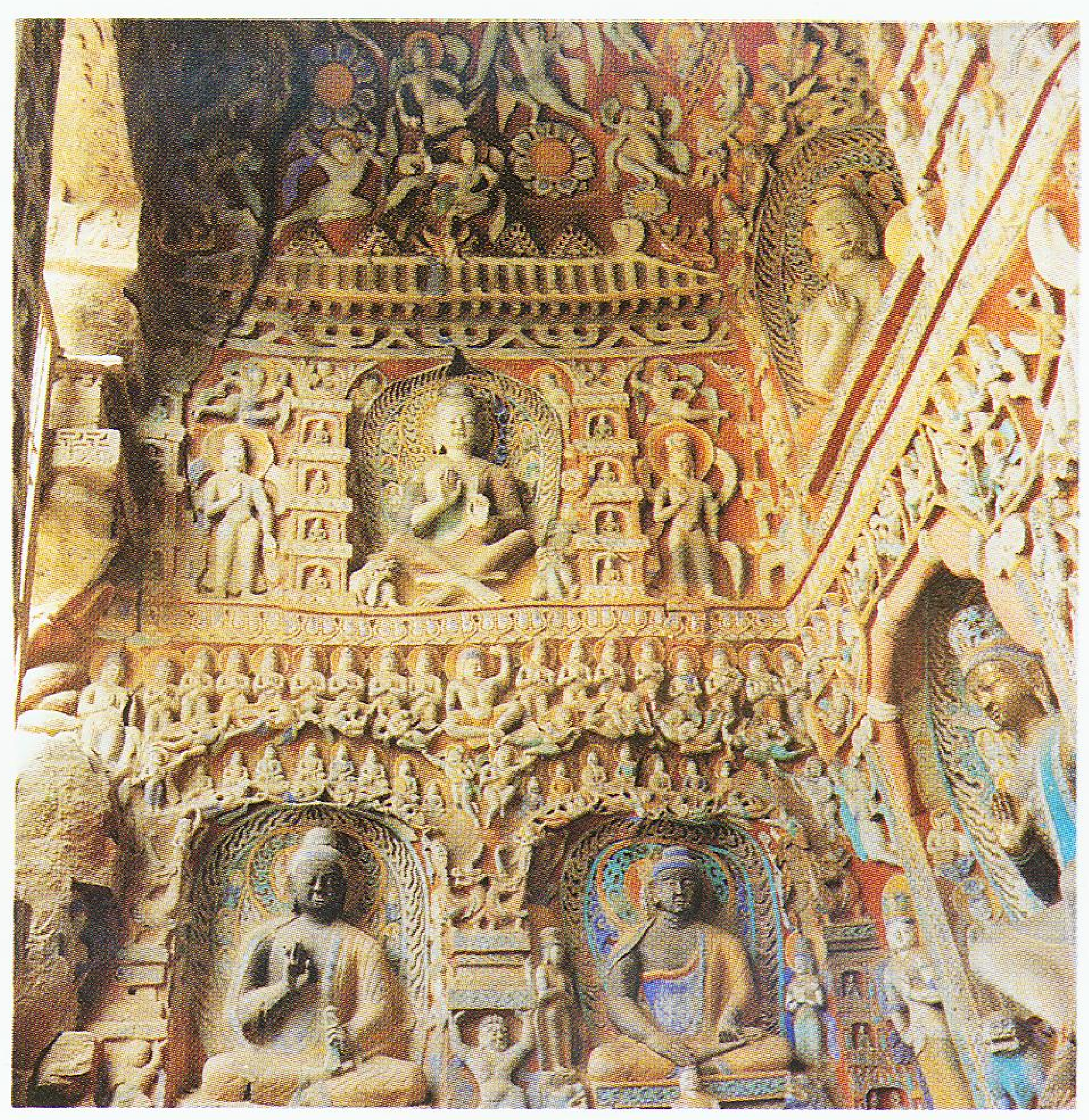


图7-1-9 （2）云冈石窟第 9 窟前室一隅

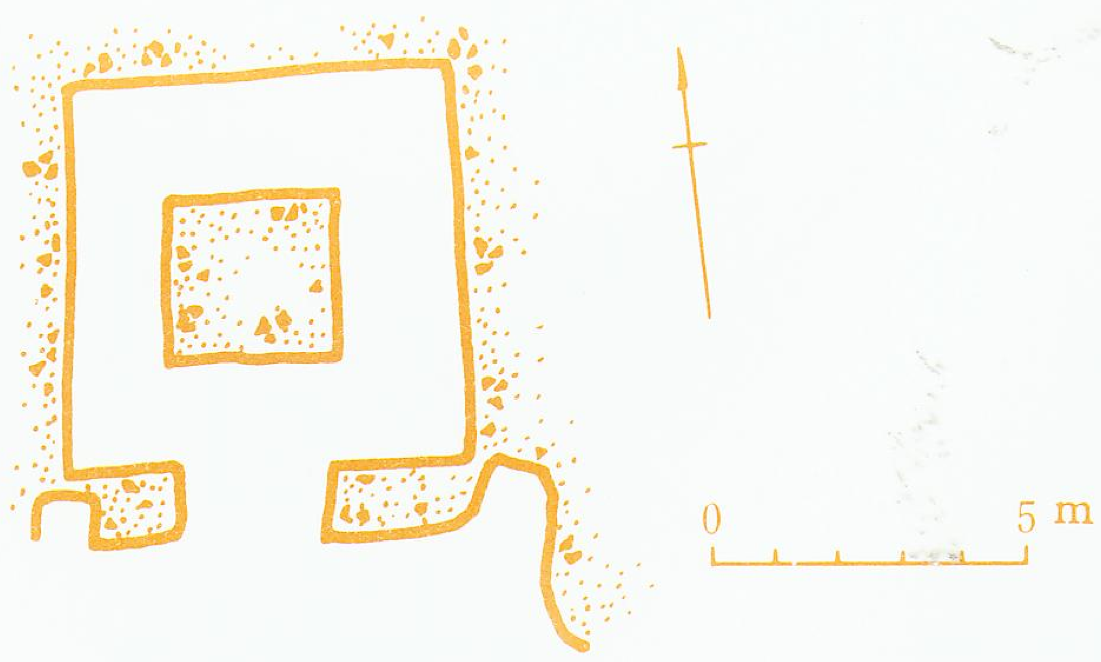


图7-1-10 云冈石窟第 21 窟平面图

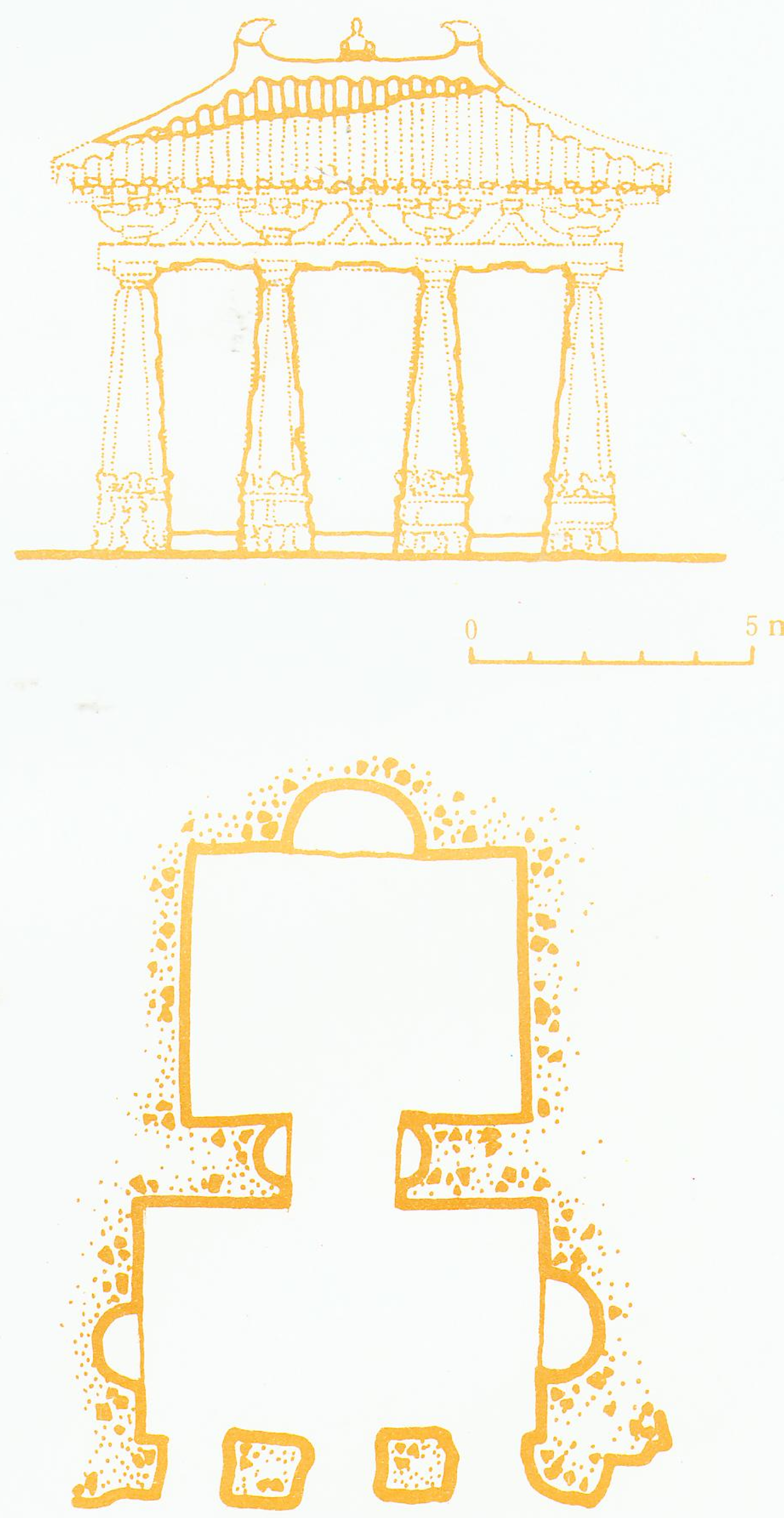


图7-1-11 云冈石窟第12窟平面、立面图（石窟瓦垅复原）



这里可以通行各窟。

宋代的石窟平面也多是方形，正中为佛坛，复斗式窟顶。主要特点是：入口处甬道长，佛坛后边设有石屏，上连窟顶，这种形式可能与一般寺院佛像的背光有一定连系。

莫高窟元代的石窟为数很少仅有几个，与唐代的窟型没有多大差别，唯窟的中心作一圆形台阶式佛坛，也算是一种比较特殊的形式。

云岗石窟在山西大同市西北十六公里的武周山南麓。石窟依山开凿，根据自然地形，分为东、中、西三区，东西绵亘1公里。现存主要洞窟五十三个，造像五万余尊，是我国古代最大的石窟群之一（图7－1－8）。

公元398年，北魏道武帝拓拔珪建都平城（今大同）。北魏王朝是鲜卑贵族集团的政权。当时的社会矛盾很突出，作为意识形态的宗教从来就是为政治服务的，北魏王朝在信佛还是信道这个问题上，经过了几次反复。直到文成帝继位后，终于奉佛教为国教。据《魏书·释老志》记述："初，昙曜以复佛法之明年，于京城西武周塞凿山石壁，开凿五所，镌建佛像各一。高者七十尺，次六十尺，雕饰奇伟，冠于一世"。又说"高宗（文成帝）践位，诏有司为石像，令为帝身。"云岗石窟工程就是僧昙曜奉文成帝之命首先开凿起来的。云岗的岩石为灰黄色的中粗粒砂岩和暗紫红色的砂质页岩，绝大部分石窟开凿在砂岩上。砂岩易于雕凿，但也易于风化，易受雨水的冲刷浸害。昙曜五窟即西部编号十六——二十窟，开凿于北魏和平年间（公元460—465年），可能到太和末年才完成，是云岗石窟的最初型制。其特点是平面呈椭圆形，窟中以造像为主题，佛像最高的达17米，充满了整个石窟空间。

中部各窟平面多是长方形，分前后室（图7－1－9）。此外，一、二、二十一等窟，在窟中央有方形塔柱（图7－1－10），几乎是木构楼阁式塔的石雕模型。有两层、五层的，上接平顶天花。



图7-1-12　洛阳龙门石窟西山全图

1.净土洞；2.石窟寺洞；3.火烧洞；4.古阳洞；5.药师洞；6.奉先寺；7.唐字洞；8.魏字洞；9.赵客师洞；10.莲华洞；11.老龙洞；12.惠简洞；13.狮子洞；14.万佛洞；15.摩崖三佛；16.敬善寺洞；17.宾阳南洞；18.宾阳洞；19.宾阳北洞；20.斋被洞

各层每面有佛龛，以二十一窟五层方塔最为完整，和敦煌方柱形窟洞同属于一个类型。

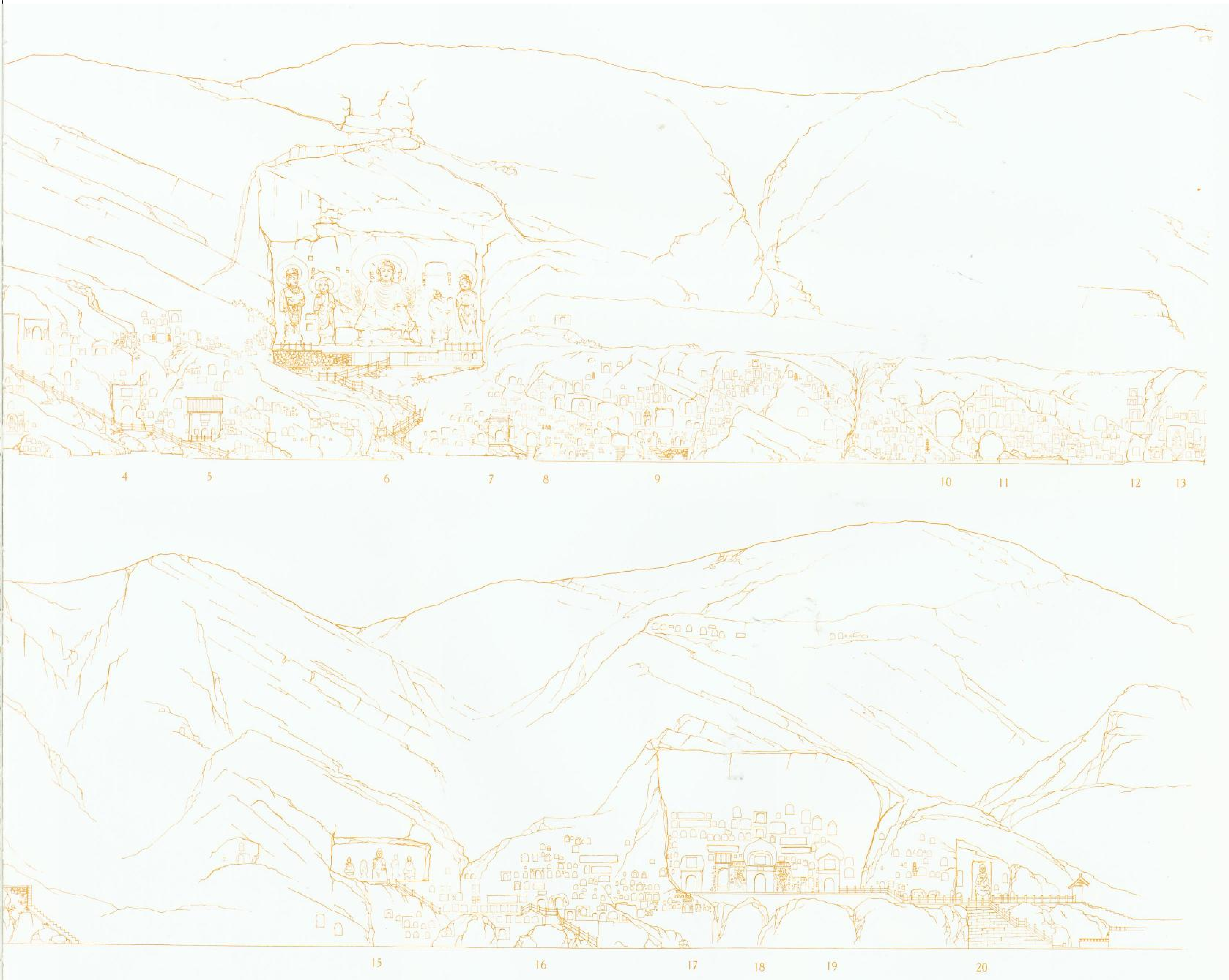
云岗石窟中，第三窟是最大的一个。前面峭壁高25米。洞崖上面凿出塔柱一对。石窟为前后二室，深15米，高13.6米。从遗迹来看，可能是一个没有完成再经后代加工过的魏窟，相传这里是昙曜的译经楼。

云岗石窟在当时并不仅是一些窟洞，在它前面还配合了许多木构建筑群。据《水经注·漯水》条："凿石开山，因岩结构，山堂水殿，烟寺相望"，又从《朔平府志》所述："寺原十所，由隋唐历宋、元、楼阁层凌，树木蓊郁，俨然为一方胜境"的记载来看，当时佛寺的规模是相当大的。1972年在第九、十窟前发掘，还曾发现先后建过五间与七间的木构窟檐遗迹，同时，崖壁上的梁孔历历在目。据分析，五间窟檐可能建于辽代，七间窟檐通面阔27.26米，深4.3米，始建年代应在九、十两窟雕刻完成之后。第十二窟下为三间四柱，上有脊饰瓦垅，应该是仿木构致石构窟檐（图7－1－11）。除第九、十、十二窟外，在第三、四窟崖上，亦残留有梁孔的痕迹。但现存第五、六、七窟前的木构则为清代所重建。

北魏太和十八年（公元494年）迁都洛阳，在洛阳南13公里的伊阙，开始了大规模的石窟工程，这就是著名的龙门石窟（图7－1－12）。这里伊水自南向北流去，两岸西为龙门山，东为香山，互相对峙，山青水秀，风景优美，是洛阳的名胜地区。

龙门石窟从古阳洞的铭记来看，应上溯到太和七年（483年）以前。其后经东魏、西魏、北齐、北周、隋、唐，于盛唐之后逐渐衰落。据《石言·洛阳龙门》记述，全山造像共九万二千三百零六尊，窟洞一千三百五十二个，佛龛七百八十五个。

古阳洞是最早开凿的一个洞窟，经历了八十多年，于北齐武平六年（575年）完成。窟深



13.5米，宽6.9米，高约11.1米。平面椭圆形，穹窿顶，洞的后壁中央为大佛像。从壁面到穹窿顶满雕佛龛、佛像，是北魏中期的代表作品（图7-1-13、14）。

宾阳三洞是北魏迁都洛阳后首先开凿的石窟（图7-1-15），其中宾阳中洞是龙门石窟中最为富丽堂皇的一个佛洞。精美的“帝后礼佛图”原来嵌在中洞的南壁，1934年被美帝国主义者盗走。洞窟大体作椭圆形平面，深约11米、宽11.1米、高9.3米，穹窿顶，顶部藻井为重瓣大莲花。

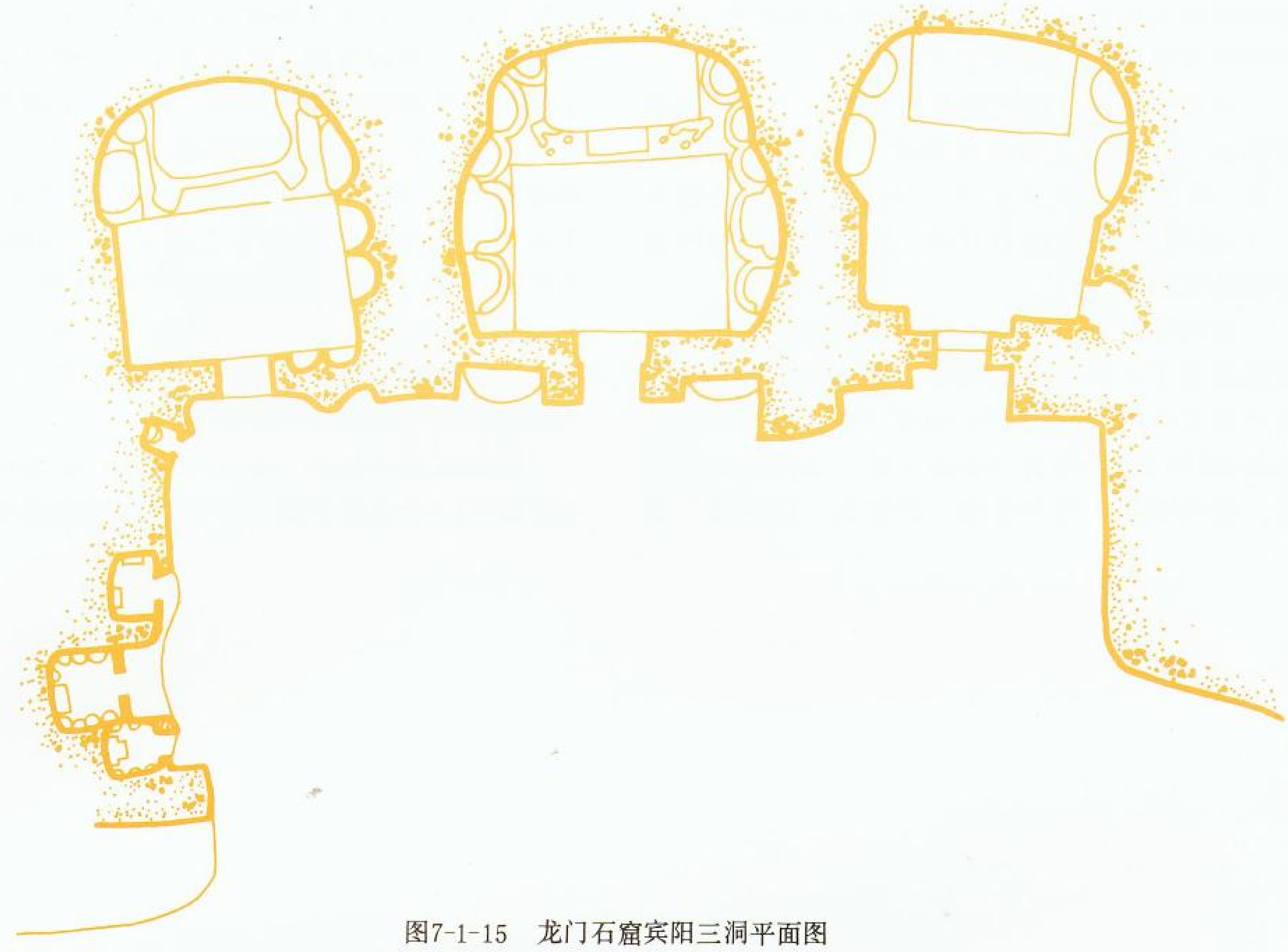


图7-1-15 龙门石窟宾阳三洞平面图

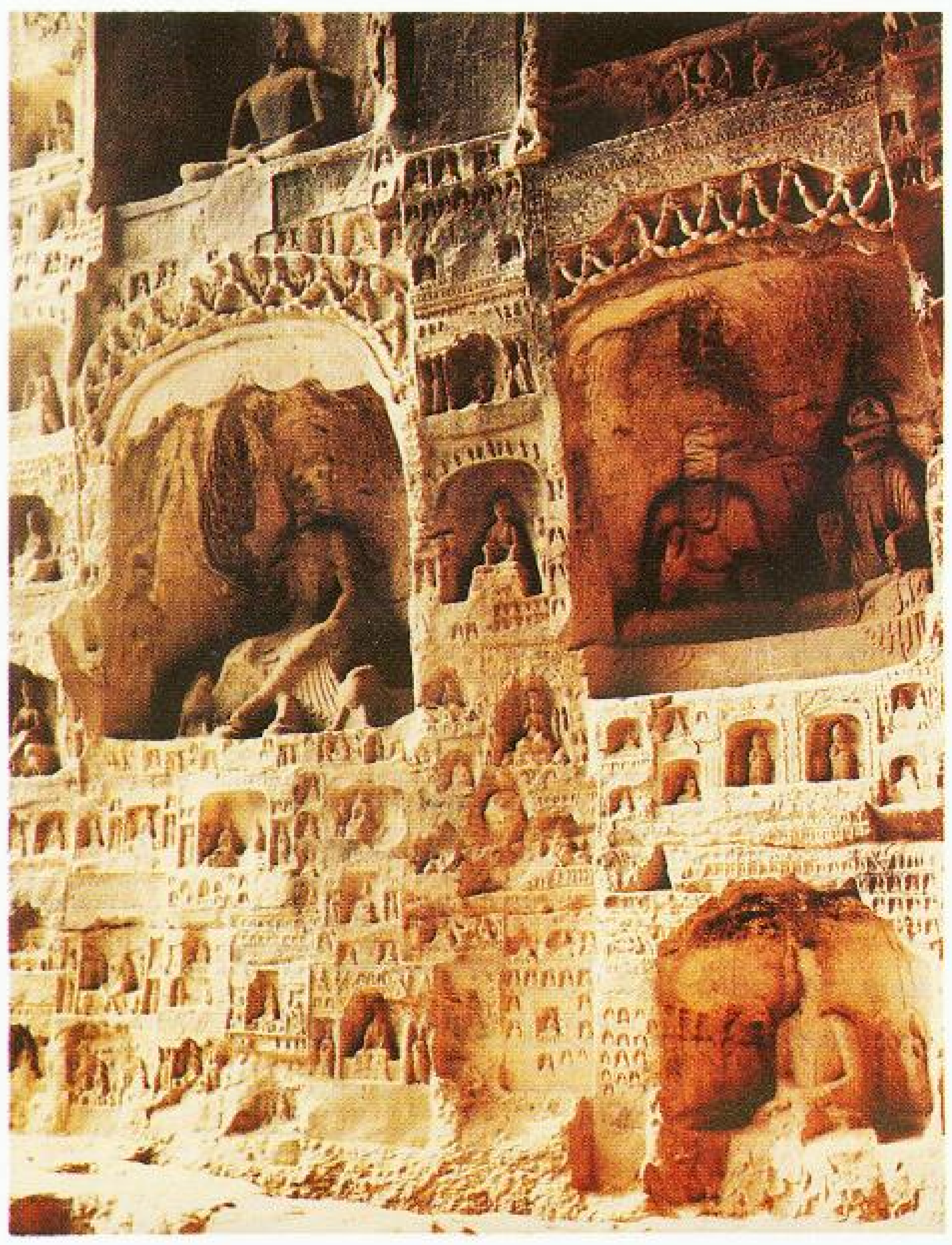


图7-1-13 龙门石窟古阳洞局部

关于宾阳三洞，《魏书・释老志》有如下的记述：“景明初，世宗诏大长秋卿白整，准代京灵岩寺石窟，于洛阳伊阙山为高祖文昭皇太后营石窟二所。初建之始，窟顶去地三百一十尺，至正始二年中始出，斩山二十三丈。至大长秋卿王质谓：‘斩山太高，费功难就，奏求下移就平，去地一百尺，南北一百四十尺。’永平中，中尹刘腾奏为世宗复造石窟一，凡为三所。从景明元年至正光四年六月以前，用功八十万二千三百六十六。”三所，就是指宾阳三洞。在没有崖壁的情况下，首先要人工斩出崖壁，然后开凿窟洞。宾阳三洞斩山一百尺，南北一百四十尺，可能到完成宾阳洞时告一段落。共化了二十四年之久，用人工八十万二千三百六十六个。从文字记述看，原来计划工程更加庞大。建造过程中计划一改再改，规模一次比一次缩小。尽管如此，宾阳三洞还是在统一计划和统一安排下开凿的，平面、结构、造型都很相似。布局采取对称的手法，有机地组合成一个整体，是比较成功的一组石窟建

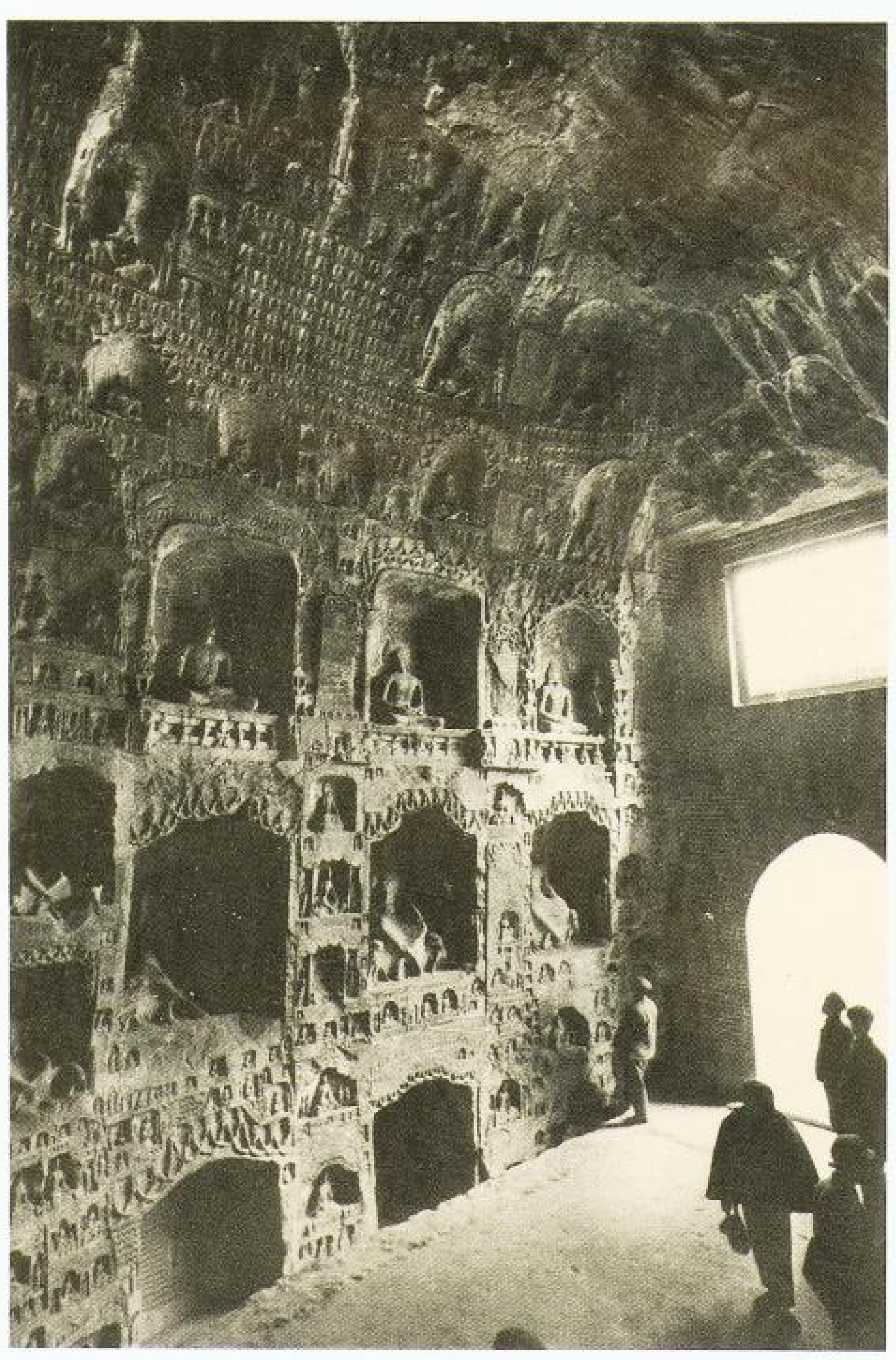


图7-1-14 龙门石窟古阳洞内景

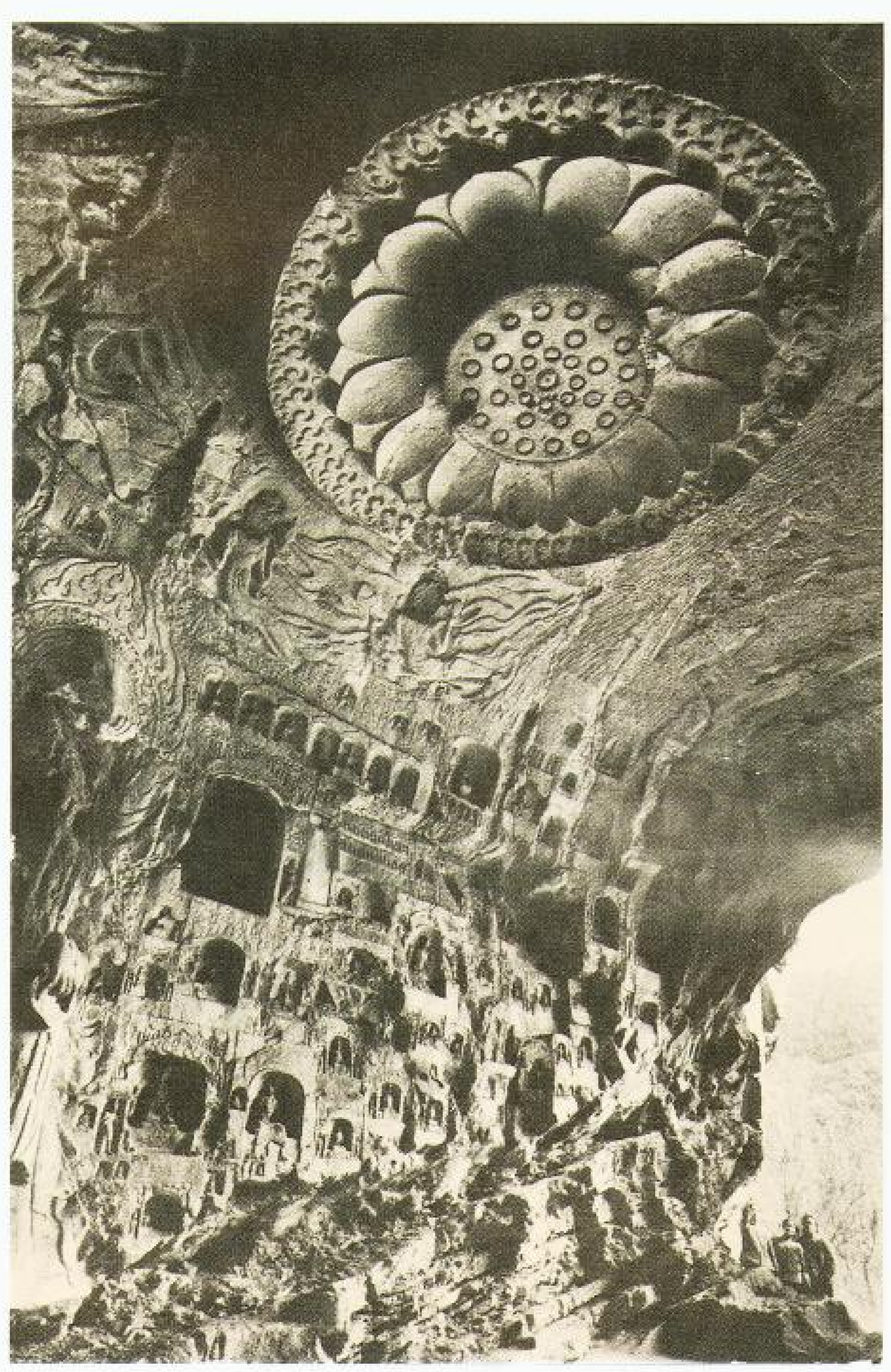


图7-1-16 龙门石窟莲花洞

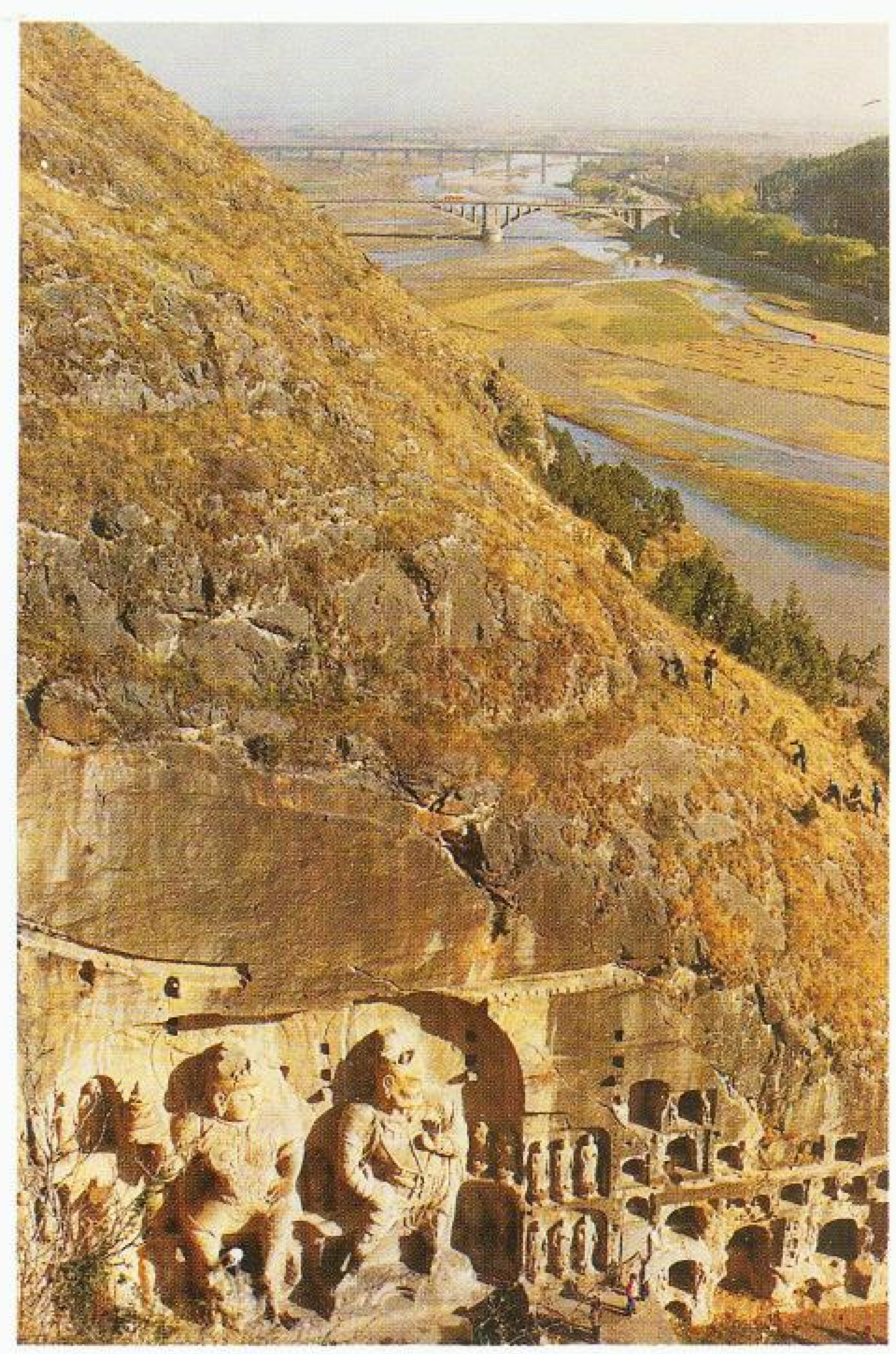


图7-1-17 龙门石窟奉先寺北眺



图7-1-18 龙门石窟奉先寺外观局部

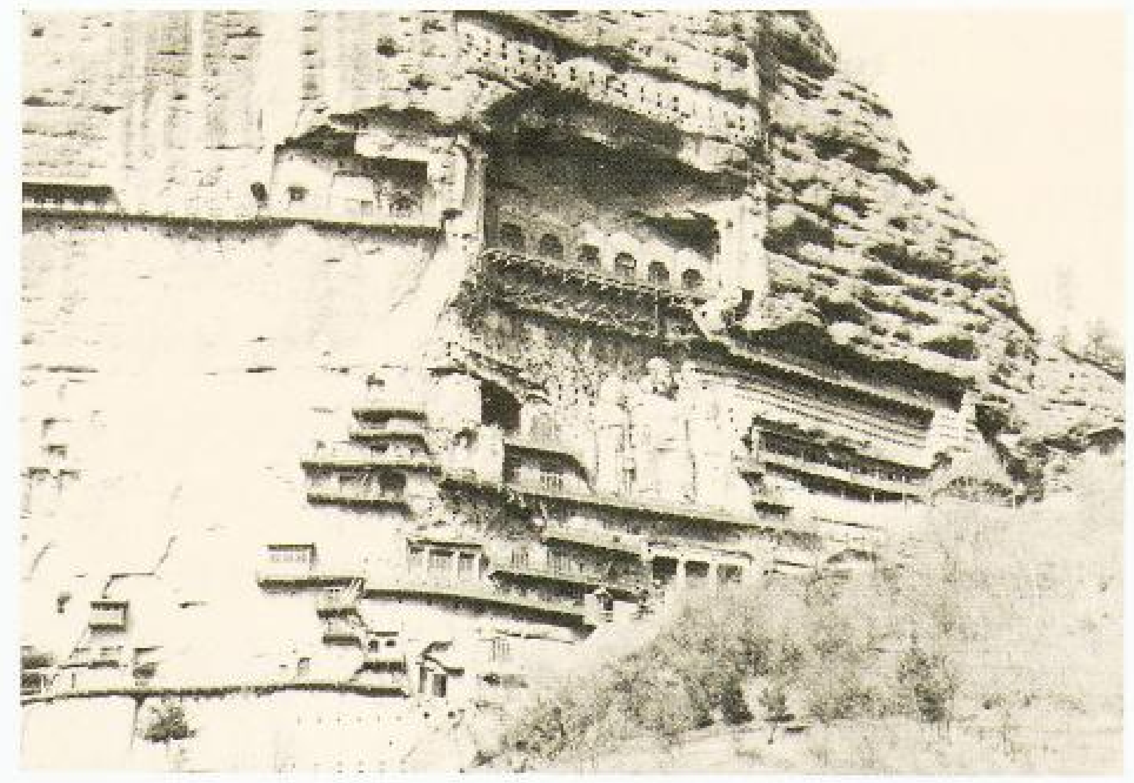


图7-1-19 （1）甘肃天水麦积山石窟东崖外观

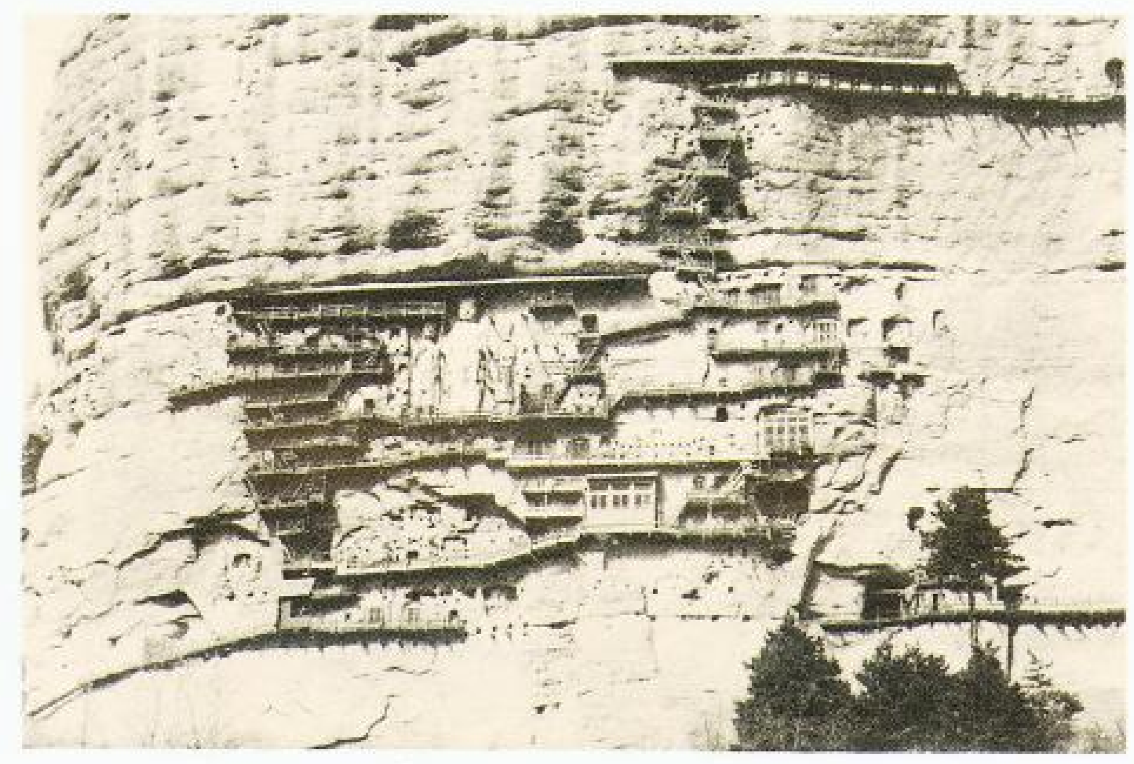


图7-1-19 （2）甘肃天水麦积山石窟西崖外观

筑。

莲花洞开凿于正光元年（520年）以前。平面长方形，穹窿顶，顶部雕刻有精美的大莲花，莲花周围绕以飞天，充分发挥了雕刻的特有效果。这正说明了龙门石窟所在处的石灰石坚硬细腻，适宜于雕刻加工。另一方面也使我们看到这时期雕刻水平的进步（图7－1－16）。

在龙门唐代石窟中，奉先寺是最为雄伟的一个（图7－1－17），其规模之大，超过了龙门所有的石窟。据《大卢舍那象龛记》载："粤以咸亨三年壬申之岁（672年）四月一日，皇后武氏助脂粉钱二万贯，……至上元二年乙亥（675年）十二月卅日毕功，"计历时三年九个月才完成。奉先寺南北宽约36米，东西深约40.7米，卢舍那佛坐像高17.14米。奉先寺不采取开凿窟洞的方式，而是在人工斩出崖壁的基础上，就露天雕造佛像、佛龛。严格地说，它是一个巨大的佛龛，而不是窟洞。这就可以更有利于利用山势，减少开凿山崖的工程量，有利于组织大规模的施工，这也许是在较短时间内能够完成的一个重要因素（图7－1－18）。

麦积山石窟在工程技术方面有它的特点，主要反映在窟形和栈道上（图7－1－19）。

麦积山在甘肃省天水县东南，山高142米。现存洞窟一百九十四个。已知最早的记年墨迹是北魏景明三年（502年），其后历经各代增修，成了壁画与雕塑艺术的宝库。

崖阁是麦积山石窟的重要窟型。一般窟前设有窟廊，用廊柱分隔为三间、七间。廊后每间设一佛龛，如第四窟是一个七间八柱的崖阁，称七佛阁（图7－1－20），为北周保定、天和间（561—

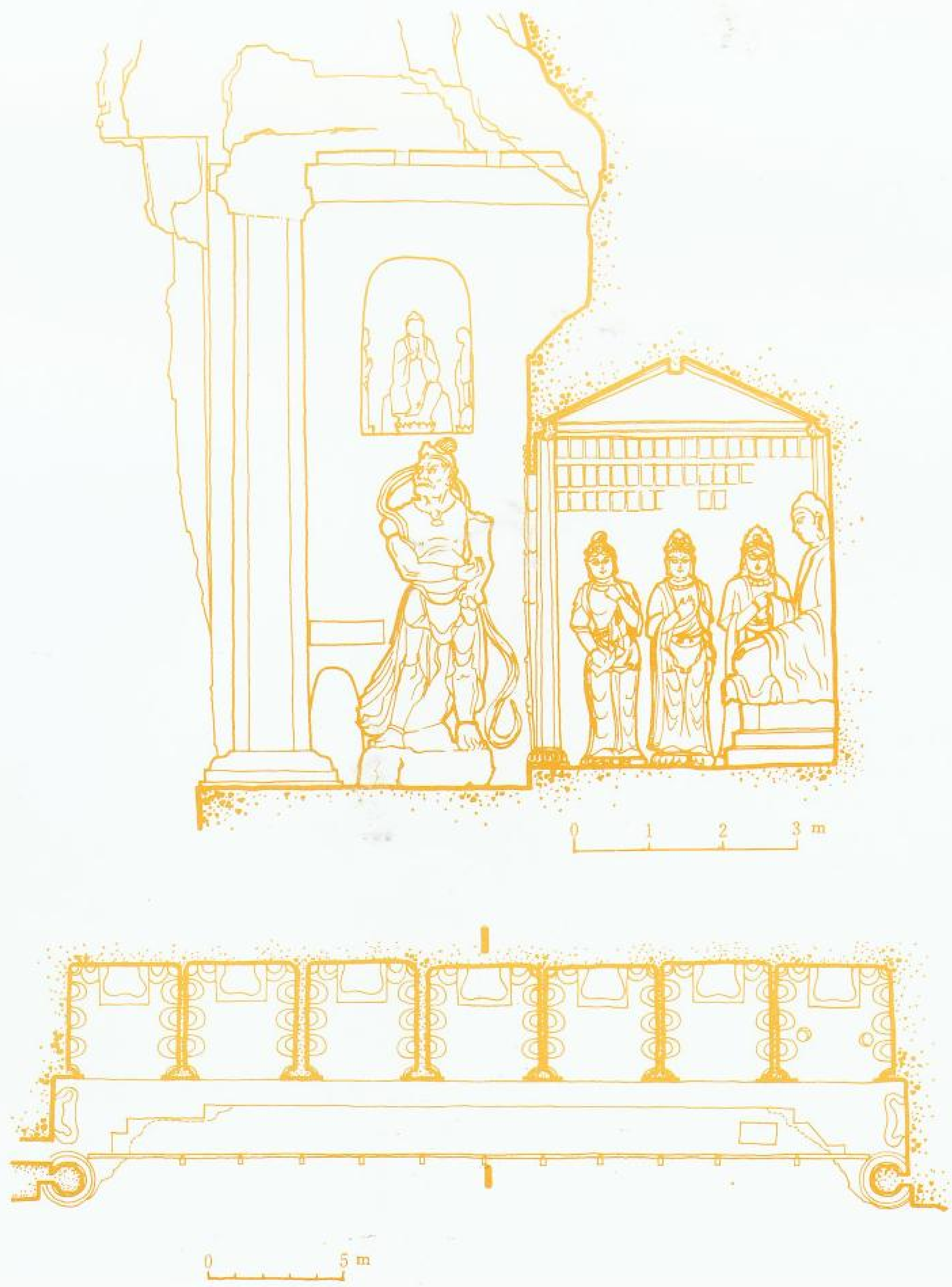


图7-1-20 天水麦积山石窟第4窟七佛阁平面、剖面图

568年）开凿于高出地面约70米的悬崖峭壁上。现存窟廊仅留两侧石柱二根。廊柱八角形，莲花柱础。佛龛平面近乎方形，四角雕出石柱，上有四根角梁，中悬垂莲柱，成四角攒尖顶，窟顶绘有彩画。窟廊外观高8.87米，窟龛仅高5.52米，与窟廊的空间形成对比，使外观显得更为高大宏伟，是麦积山石窟中规模最大的一个。其造型模仿了中国古代木构建筑的传统。《秦州天水郡麦积崖佛龛铭》写着："载辇疏山，穿龛架岭，乱纷星汉，回旋光景。壁累经文，龛重佛影，雕轮月殿，刻镜花堂。横镌石壁，暗凿山梁"。使我们可以大概地看出石窟的经营情况。

第三十窟是保留最完整的一个（7－1－21）。三间四柱，柱下为方形柱础，柱子是不等边八角形，比例粗壮，有收分，上有栌斗。屋顶为四注式，檐口雕有檐子、屋脊有鸱尾。第五窟牛儿堂，也是三间四柱、佛龛明间大、次间小、柱头上还雕刻有一斗三升和人字形斗栱。

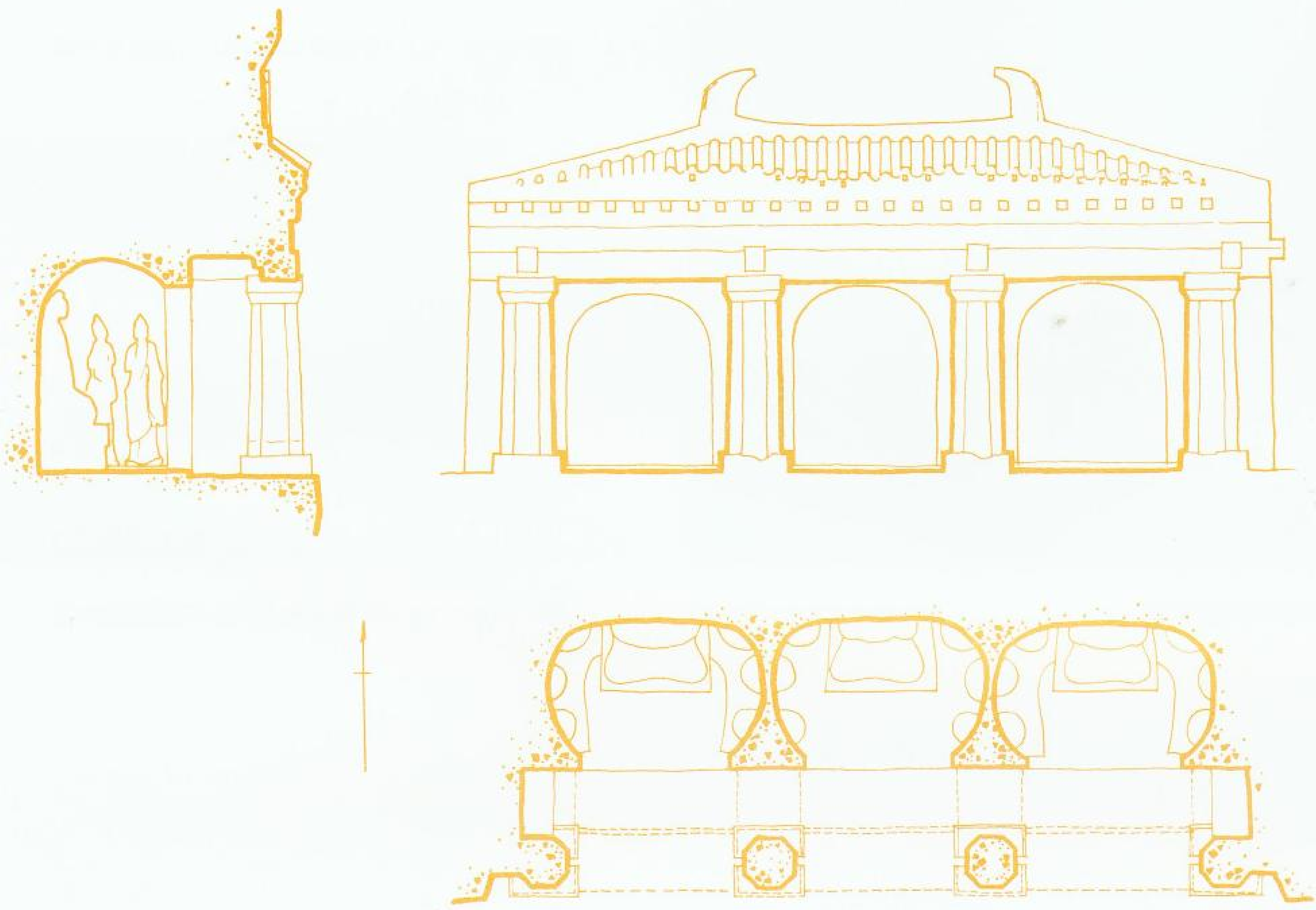


图7-1-21　天水麦积山石窟第30窟示意图

麦积山是一座形如圆锥的峭壁奇峰（图7－1－22）。五代时《玉堂闲话》说："其青云之半，峭壁之间，镌石成佛，石龛千室，虽自人力，疑其神功。"说明了在峭壁上施工的苦难。铭文又说："乃于壁之南崖，梯云凿道"。其中"梯云凿道"，应该是架设鹰架和栈道的意思。

鹰架即现在的脚手架。一般工程的鹰架随着工程的进展逐渐架上去。但麦积山石窟工程正如《玉堂闲话》所说，则为"自平地积薪，至于岩巅，从上镌刻其龛室神像。功毕，旋拆薪而下，梯空架险而上"。它是从平地架鹰架到岩巅，然后自上而下施工，最后拆去鹰架，架起栈道，作为平时的交通道路。

但这一记载，是否属实，尚待研究。

处于悬崖峭壁上的石窟，密如蜂巢，它们之间的交通联系主要靠木构的栈道。栈道的构造取决于它的宽度。一般挑出较少的，在峭壁上开凿一排垂直于峭壁的梁孔，置以挑梁，挑梁上铺板，外边设有栏杆。如栈道较宽，则在梁头加撑柱，撑柱下端插入岩石内。在栈道的局部地方，还使用了"悬梯"和"独梯"。《玉堂闲话》说："麦积山由西阁悬梯而上，其间千房万屋，缘空蹑虚，登之者不敢回顾。"在七佛堂之上，"更有一龛，谓之天堂。空中倚一独梯攀缘而上。至此，则万中无一人敢登者。"除麦积山外，炳灵寺石窟的栈道工程也很突出（图7－1－23）。

甘肃张掖马蹄北寺的第三窟，即"三十三天"，由十九个窟洞组合一个窟群。自下而上排列五层，第一至三层各并列地开五个窟，第四层三窟，最上一层一窟。在岩壁内部有隧道，使上下各层相连，窟洞外原有木构窟檐，重重叠叠成一宝塔形。第八窟名万佛殿（图7－1－24），是马蹄北寺中最大的一个窟洞，总深33.5米，宽26.3米，由前堂、大殿（主洞）、甬道（环洞）等组成。窟门有

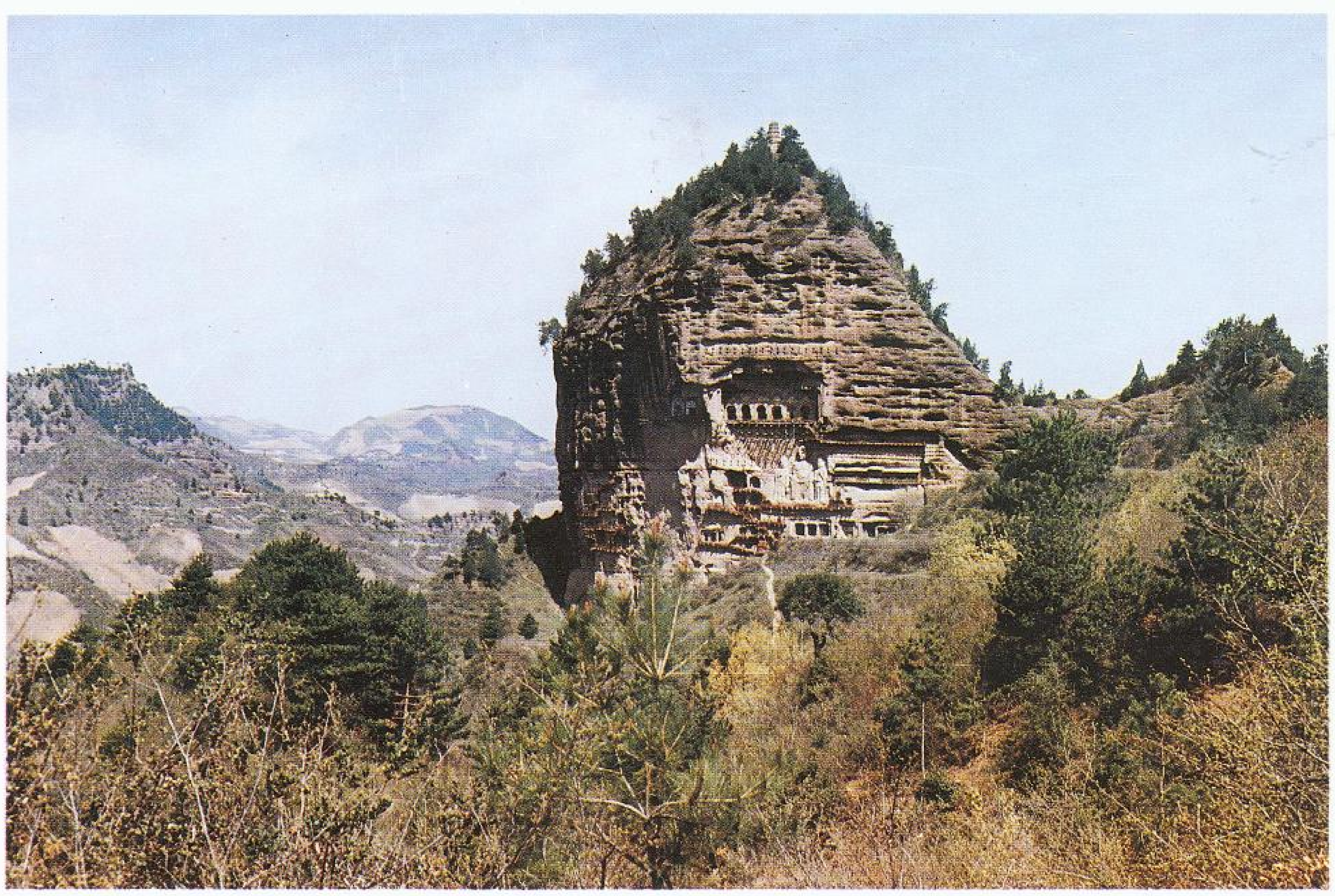


图7-1-22　天水麦积山石窟外观

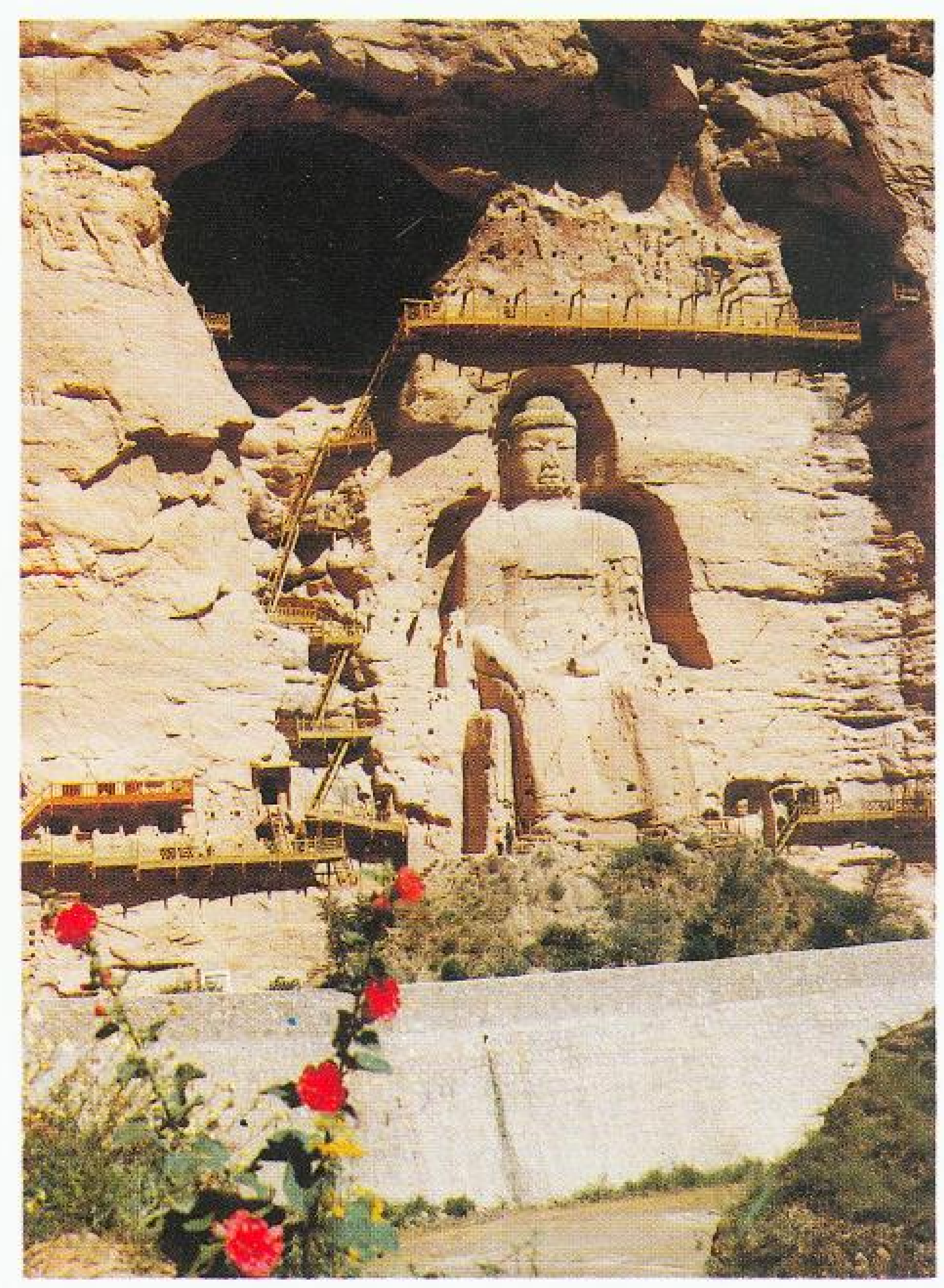


图7-1-23　甘肃炳灵寺石窟

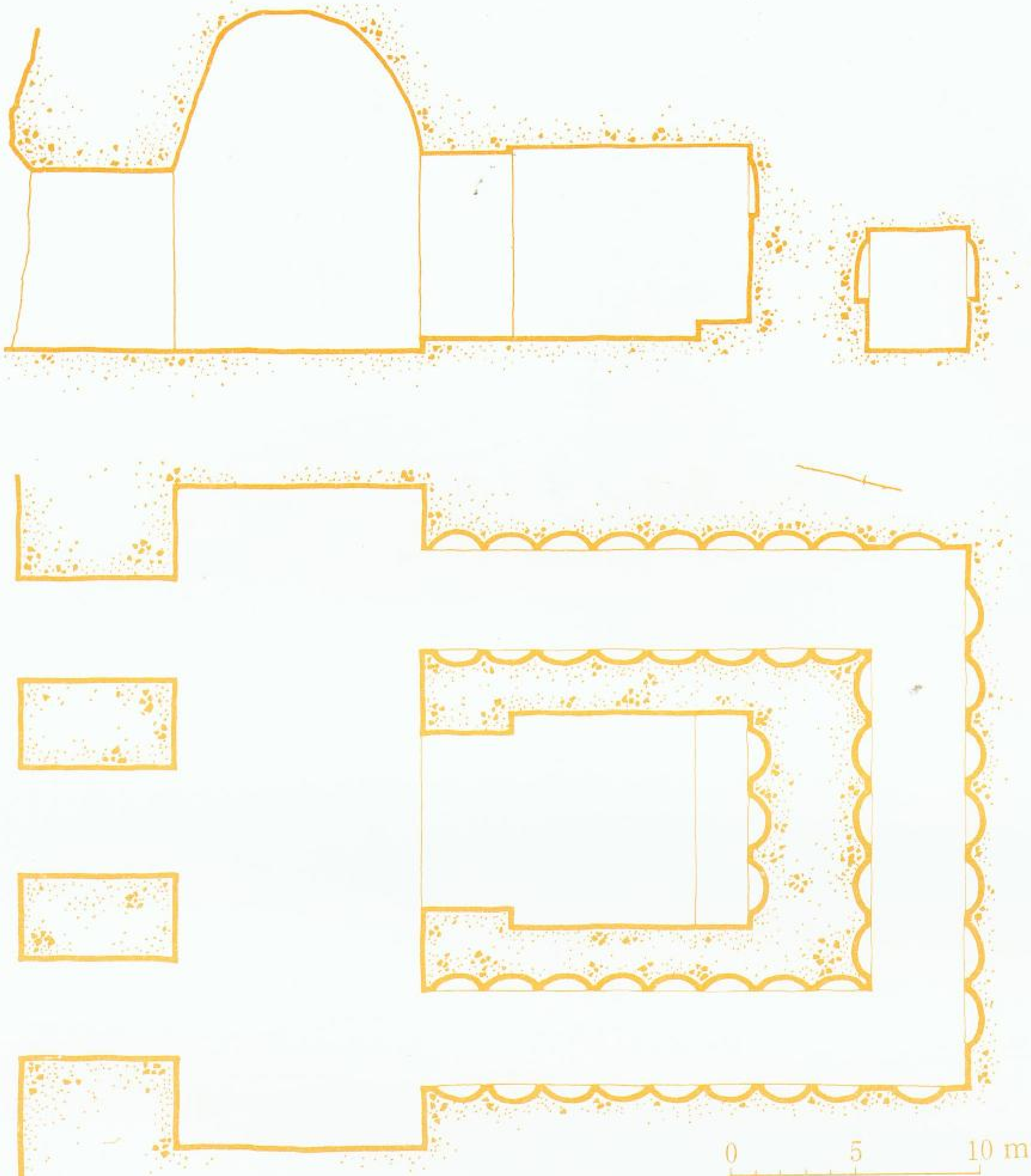


图7-1-24 甘肃张掖马蹄北寺第8窟平面、剖面图

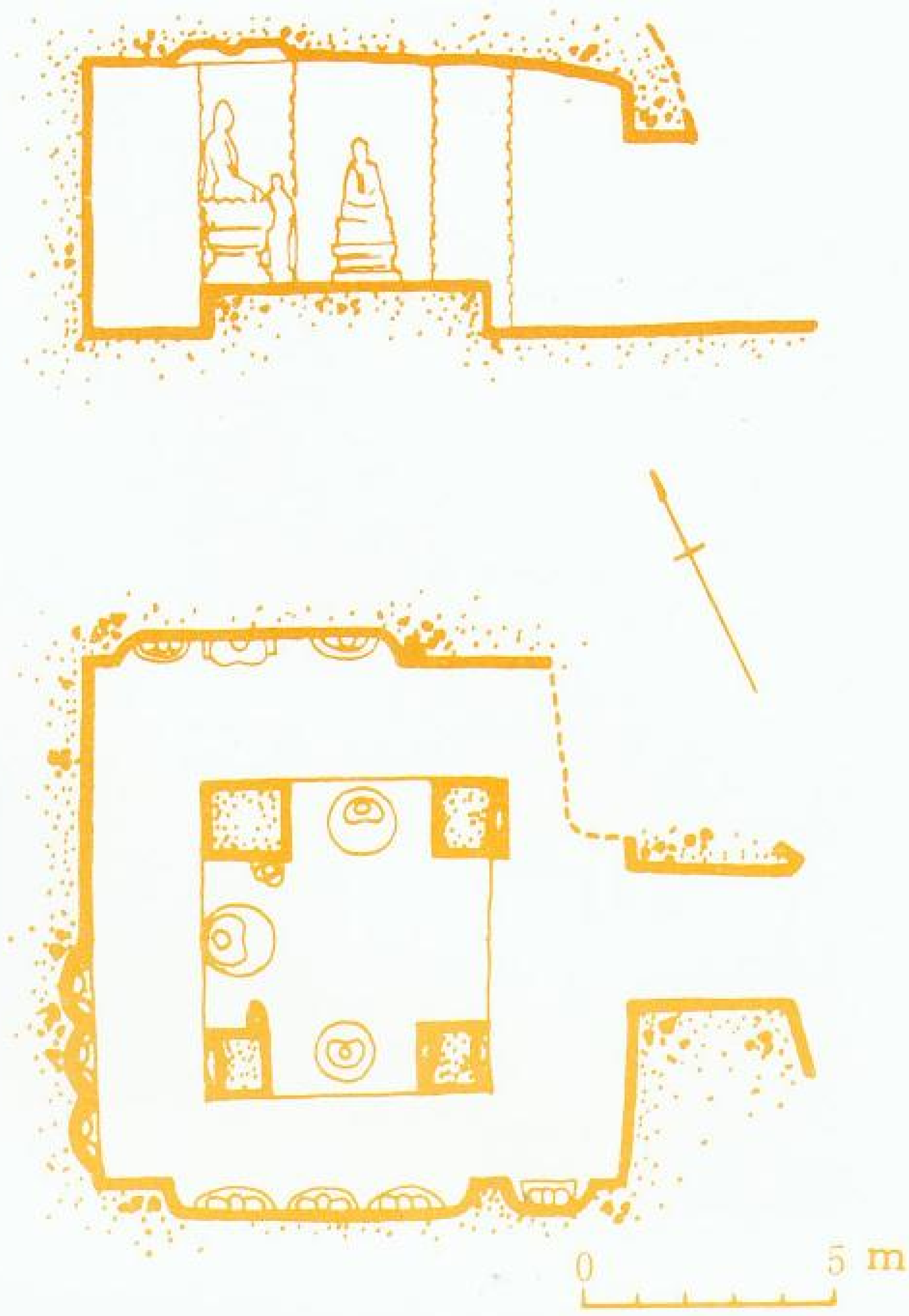


图7-1-26 陕西鄜县石泓寺石窟第6窟平面、剖面图

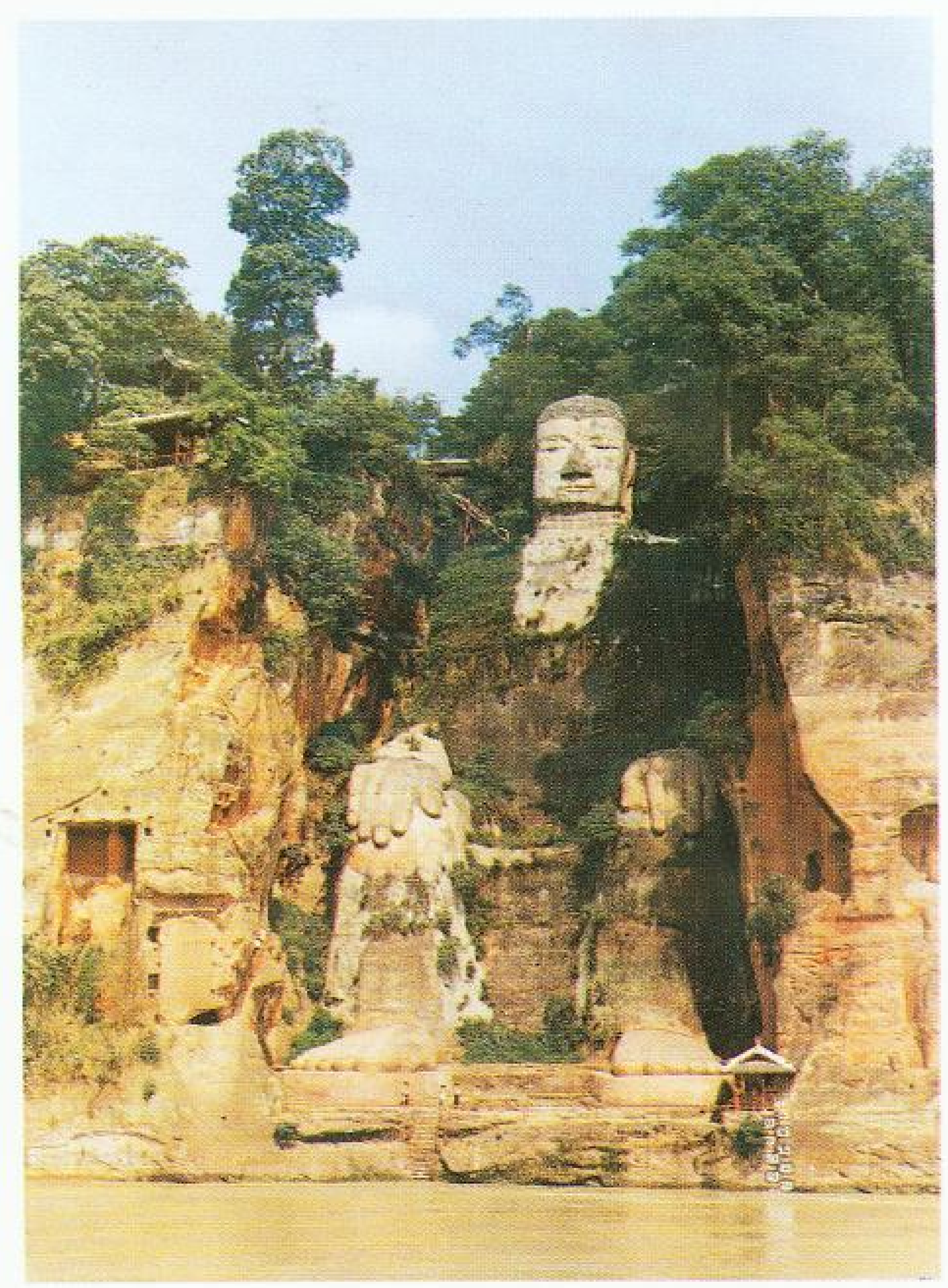


图7-1-28 四川乐山凌云寺大佛

四根长方形石柱，前堂深9.85米，凿成券顶。前堂之后为大殿，平面近方形，其正壁及甬道均凿成排佛龛，供佛教徒绕行巡礼膜拜。整个石窟平面规整，工程巨大，表现了早期"支提"窟的遗制。它的修建年代不详，窟内现存元代遗物，可知始筑应在元代以前。这是在石窟营造方面比较特殊的两个例子。

这种主洞与环洞相套的方式不仅在张掖马蹄北寺存在，北宋绍圣年间（1094—1097年）开凿的陕西黄陵万佛寺石窟（图7-1-25），辽乾统二年（1102年）开凿的赤峰洞山石窟，也都同样地使用了这种方式。可能是宋代出现的一个新窟型。从平面布局上看，也许是方柱形石窟的一个变例。它和创始于两晋的新疆焉嗜西克辛的明屋（千间房）寺院组合群布局是一致的，也许是模仿明屋寺院组合群的痕迹。此外，金皇统元年（1141年）开凿的陕西鄜县阁子头寺石窟以及石泓寺石窟（图7-1-26）窟中都有四根方柱，平面布局仿佛是一座面阔三间的小型木构殿堂。这些石窟规模虽不大，但说明了北宋以后石窟的平面又趋向于模仿寺院殿堂的形式了。

四川省的石窟造像是全国密度最大的地区。已发现的达一百二十余处。以唐、宋两代为最

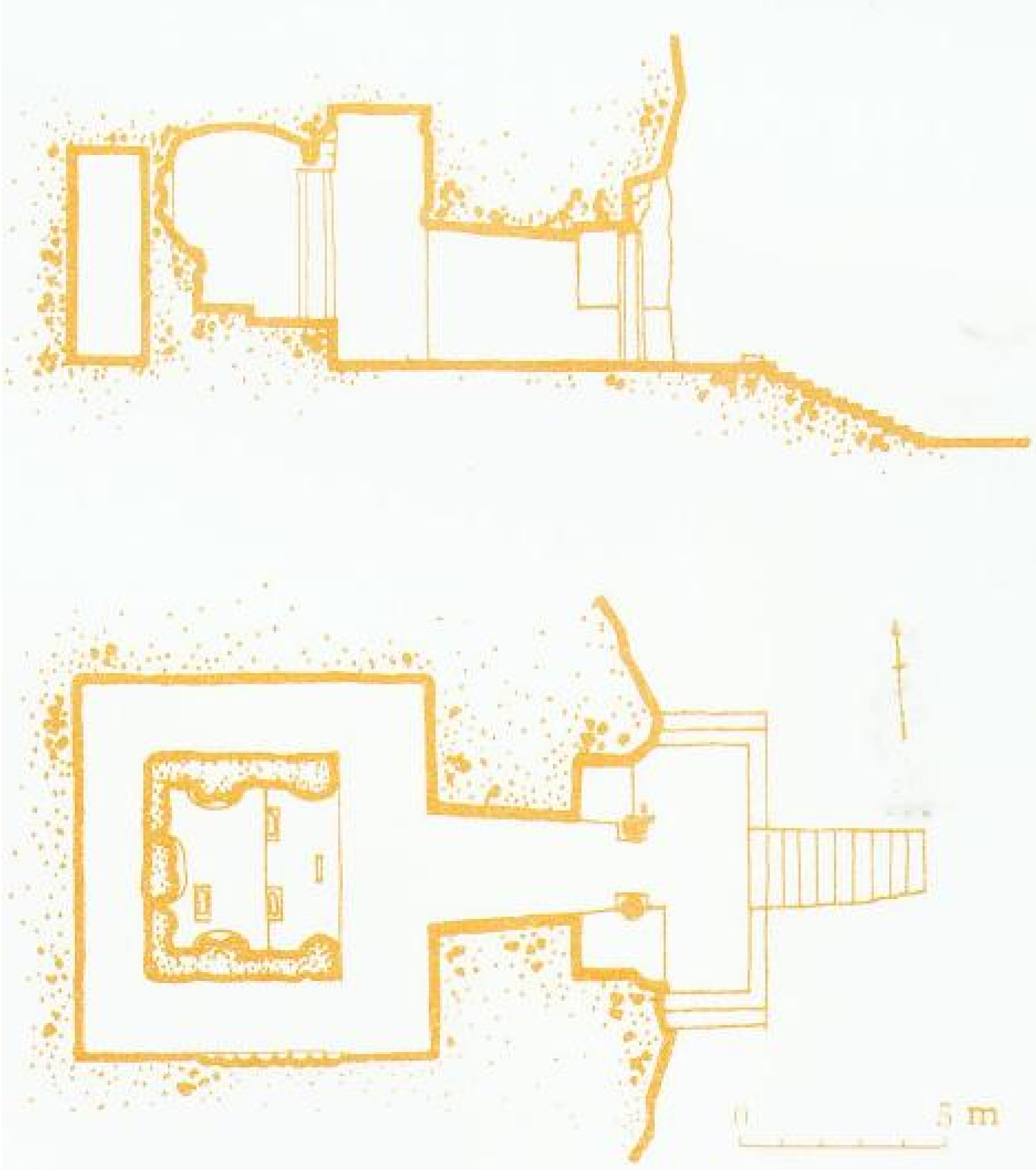


图7-1-25 陕西黄陵万佛寺石窟平面、剖面图

多。著名的如大足的北山、宝塔（图7-1-27），广元的千佛崖和皇泽寺，乐山凌云寺大佛等。其中广元千佛崖凿在古代由秦入蜀的栈道崖壁上，龛窟层叠密接，有如蜂房。最多叠有十三层，高达40米。红砂岩是四川省最普遍的岩石，质地细密，宜于雕刻，也为造像提供了有利条件。

四川石窟的特点是摩崖造像，很少开凿窟洞，这样就大大减少开凿工程。由于不开凿窟洞，造像就可以打破石窟空间的限制，出现巨型的佛像。如乐山凌云寺唐代坐佛高达71米，比云岗最高立佛高三倍多，也是已知世界上古代最大的造像之一（图7-1-28）。

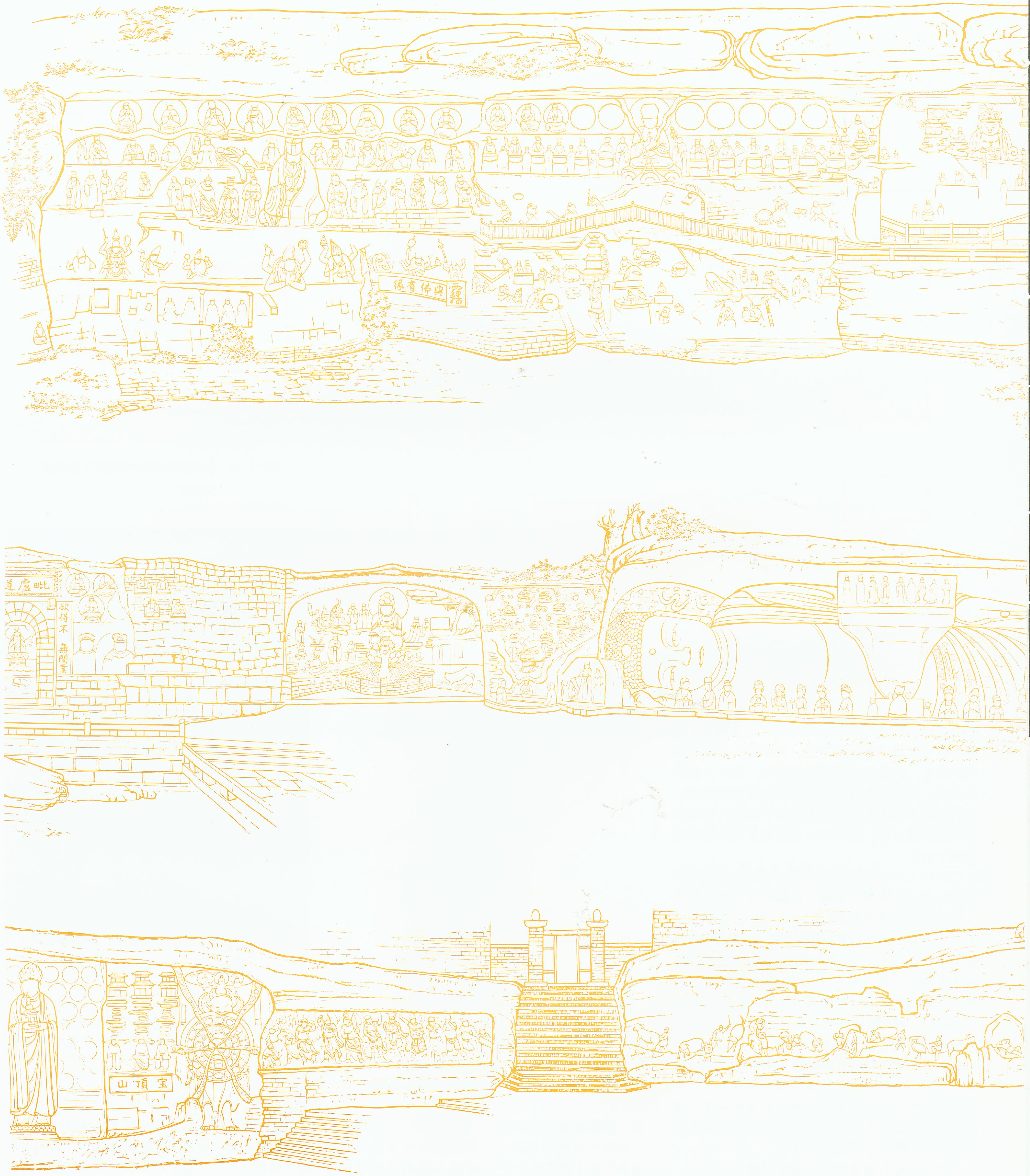
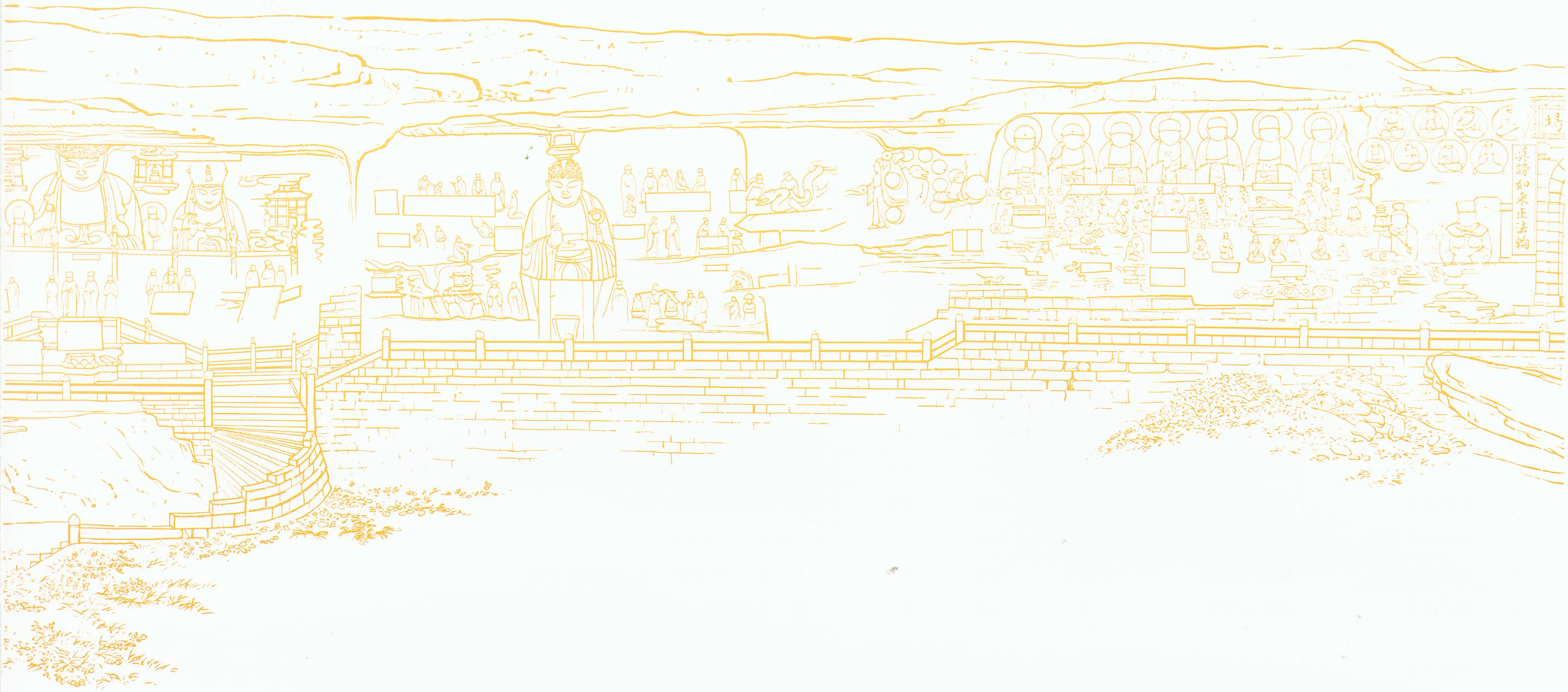


图7-1-27 四川大足宝顶山全景示意图






山水佳處
寶頂
福壽
香焚寶鼎

石窟工程简表

编号	名称	地点	时期	地质情况	工程概况
1	克孜尔千佛洞	新疆拜城	3—11世纪	红砂与黄土混合	蜿延约1公里，现存二百三十五窟，有"精舍"，多壁画，为中西文化交流的代表
2	台台尔千佛洞	新疆拜城	3—11世纪	红砂与黄土混合	残存八窟，全部坍毁
3	克孜尔朵哈洞	新疆拜城	3—11世纪	红砂与黄土混合	现存三十九窟，王树枏《新疆访古录》有载，但所载情况今已不见
4	库木吐喇洞	新疆拜城	3—11世纪	红砂与黄土混合	现存九十九窟，分南北两处，前有院落遗址
5	玛扎伯赫洞	新疆拜城	3—11世纪	红砂与黄土混合	现存三十二窟，分成四个院落，僧侣寮房较多
6	森木撒姆洞	新疆拜城	3—11世纪	红砂与黄土混合	三十窟，八角套斗式穹窿顶，有壁画，前有院落
7	托和拉克店洞	新疆温宿	————	红砂与黄土混合	残存六窟，全部坍毁
8	吐火拉克埃艮洞	新疆新和	3—11世纪	红砂与黄土混合	残存十九窟，全部坍毁
9	西克辛洞	新疆焉嗜	8—10世纪	红砂与黄土混合	十二窟，有唐藻井。东南约1里，有佛祠式明屋一区，建筑九十余所
10	雅克崖洞	新疆吐鲁番	6—10世纪	红砂与黄土混合	十窟，隋代千佛洞及"精舍"
11	吐峪沟千佛洞	新疆吐鲁番	6—14世纪	红砂与黄土混合	九十四窟，大部坍毁
12	伯子克里克洞	新疆吐鲁番	6—14世纪	红砂与黄土混合	五十七窟，有"精舍"，部分用泥坯修饰
13	胜金口洞	新疆吐鲁番	6—14世纪	红砂与黄土混合	十窟，全部坍毁，窟顶有葡萄装饰图案
14	敦煌石窟	甘肃敦煌	前秦建元二年（366年）—元	玉门系砾岩（第四纪岩层）卵石与砂土混合物	分四处，莫高窟四百九十二窟，西千佛洞二十窟，水峡口六窟、榆林窟四十一窟，魏窟有长方形柱洞，方形佛殿，四壁凿龛。隋唐中心设坛，石壁凿龛。有人字坡顶和复斗藻井。唐有大佛高三层。石窟以绘画泥塑为主。存唐宋木檐六个
15	马蹄山石窟	甘肃张掖	北魏——明	粘红砂岩	分七处，六十余洞。现存三十个，窟形特殊，以有回廊的藏佛殿和天王的"三十三天"为代表。绝大多数为泥塑
16	文殊山石窟	甘肃裕固族自治县祁连山中	北魏孝明帝孝昌二年（526年）	玉门系砾石	存数十窟，石柱型，泥塑
17	昌马石窟	甘肃玉门		白垩纪泥岩层	存十一窟，石柱型，有五代宋初壁画
18	天梯山石窟	甘肃武威	北魏——唐——明	红砂岩(红砂土夹石片)	现存十三窟，明代存二十六窟。方柱形，方形复斗，地震区
19	炳灵寺石窟	甘肃永靖	北魏	红砂岩	存三十六窟，九十八龛，多飞桥栈道，佛龛为单层塔状
20	固原石窟	甘肃固原	唐——明	————	圆光寺有方柱形石窟八个，内有石胎泥塑造像，有大佛二躯，寺北与后山约有窟洞十余
21	麦积山石窟	甘肃天水	北魏景明三年（502年）	砾岩	窟有七种，以崖阁为典型。多为泥塑，施工有"平地积薪"的记录。天梯栈道突出，地震区
22	庆阳寺沟石窟	甘肃庆阳	北魏永平年间（508—511年）	红砂岩	窟龛二百八十多个，窟前原有木檐
23	镇原石窟	甘肃镇原	北魏永平二年（509年）	红砂岩	窟龛二百二十四个，造像九百四十八尊，泾川刺史创置
24	武山石窟	甘肃武山	魏——隋	红砂岩	拉梢寺、水帘洞、千佛洞、显圣池北木梯等。天然洞，有木檐
25	圆光寺石窟	宁夏固原	北魏——周	红砂砾石	窟六十多个，有佛像者十七个，魏二个，隋、初唐二个，中唐十三个
26	巴林左旗石窟	内蒙巴林左旗	辽	花岗石	分洞山石窟寺，三山屯，前昭寺，后昭寺四处，后昭三窟有前殿七间
27	赤峰洞山石窟	内蒙赤峰	辽乾统二年（1102年）	————	主洞环洞相套
28	大佛寺石窟	陕西邠县	唐贞观二年（628年）	红砂岩	大佛洞为半圆形，西南有小佛群、千佛洞
29	石泓寺石窟	陕西鄜县	唐景龙年间（707—710年）—明	————	东西70米，存七窟。第六窟方形，中心有坛，坛四角有云柱如殿堂，铭文纪年为金皇统元年（1141年）和金贞元二年（1152年）
30	阁子头寺石窟	陕西鄜县	宋	————	前有石板屋五间，中有四石柱如殿堂、窟，为宋元符三年（1100年）四月开凿，政和二年（1112年）二月竣工，历时十二年有二月
31	麟游摩崖石窟	陕西鄜县	唐	————	分慈善寺、南窟、北窟三处，摩崖四处，有木檐
32	万佛寺(石空寺)石窟	陕西黄陵	北宋绍圣前（1094—1097年）	————	有"冂"形基台，甬道外有三间檐廊。有剁斧凿痕及匠师名字"鄜川介端"等。铭文有"勤劳不辍二十年，佛像才成莹寒玉"
33	万佛洞	陕西延安	宋元丰年间（1078—1085年）	砂岩	清凉山麓，有三洞
34	云岗石窟	山西大同	北魏和平初年（430—465年）	砂岩侏罗纪灰黄色中粗粒砂岩和暗红色砂质页岩成互层状	主要窟洞五十三个，分中、东、西三部分。造像五万一千余尊，有椭圆形、长方形，前后室与塔柱三种平面，史称："凿石开山，因岩结构"，"山堂水殿，烟寺相望"

编号	名称	地点	时期	地质情况	工程概况
35	龙山石窟	山西太原	北齐天宝七年（556年）——唐		包括童子寺，龙泉寺、明山村三处，残破，明仙村有三层，一层为方柱型，二层为方柱小室，三层为圆形，受天龙山影响
36	天龙山石窟	山西太原	北齐——唐		共二十一窟
37	石宝山普照寺石窟	山西高平	————	砂岩	六窟。有东魏武定元年（543年）、唐咸通九年（868年）、宋嘉佑元年（1062年）、元延祐五年（1319年）纪年
38	宝岩寺石窟	山西平顺	明	————	七院，十四窟，八龛，大多为方形复斗。第五窟仿木构三间，有石屏
39	佛凹山石龛造像	山西平定	隋	砂岩	八个方型龛
40	龙门石窟	河南洛阳	北魏太和十八年（494年）——唐	石灰岩	长1公里，西山一千三百五十二洞，七百五十龛，造像十万余尊。北朝30%，唐60%。有马蹄形，穹窿顶，方形平顶。宾阳三洞，有文字资料。奉先寺为最大的唐龛
41	鸿庆寺石窟	河南渑池	北魏	黄砂石	六窟
42	浚县千佛洞	河南浚县	唐	————	二窟。椭圆形，穹窿顶，前有木构
43	汤阴石窟	河南汤阴	北朝晚期	石灰岩	方形复斗，莲花似云岗
44	陕县摩崖造像	河南陕县	晚唐	————	大龛四个
45	裕山石窟造像	河南沁阳	唐、宋	————	六龛二窟。有一窟为自然状态
46	巩县石窟寺	河南巩县	北魏、东魏、齐	砂岩	五窟。方柱形四个，方形平顶一个
49	隆尧摩崖石室	河北隆尧	唐、宋	————	摩崖六个，石室一个
48	响堂山石窟	河北磁县	北齐——明	————	南响堂山主要窟七个，方形平顶为主，第七窟有石窟檐，北响堂山九个
49	黄山崖造像	山东济南	北魏正光四年（532年）	黄色悬岩石灰岩（？）	现存石窟一个，石龛二十五个，造像七十五个，造像有皇帝、贵族、地方长官、僧尼、善男信女等
50	云门山驼山石窟	山东胶东	北周——唐	————	摩崖上有檐。方形平顶窟
51	济南大佛寺	山东济南	唐初	————	方形，深5.1米，高9.25米
52	九龙山造像	山东曲阜	唐	————	现存六龛，前有木构痕迹
53	万佛堂石窟	辽宁义县	北魏	————	
54	千佛崖	四川广元	唐、宋	红砂岩	龛重叠十三层，高40米。原有佛一万七千余尊，现存七千余尊，凿在古栈道旁崖壁上
55	千佛崖	四川夹江	唐开元十四年（736年）	红砂岩	龛二百二十个。有唐大中十一年刻石
56	大足石刻造像	四川大足	唐、宋	红砂岩	北山、南山、宝顶等十三处。宝顶（北山大佛湾）龛窟二百九十个，造像三千余，石窟长五、六里，为有计划的开凿，利用自然地形。和尚赵智风主持开凿
57	仁寿石刻造像	四川仁寿	唐	红砂岩	有望峨台、千佛崖、龙兴寺、蛮子洞、父子寺等五处。龛方形，有工人伏元俊等十余人题名。岩石疏松，大部风化
58	乐山凌云寺摩崖大佛	四川乐山	唐元间至贞元十九年（803年）	红砂岩	座佛高71米，为云岗立佛三倍
59	荣县石刻造像	四川荣县	宋元十八年至元祐七年（1085—1092年）	红砂岩	分大佛崖、罗汉洞、二佛崖、千佛堂四处。龛为长方形、窟仿木构，三架椽、人字坡顶。石质粗劣疏松
60	玉女泉造像	四川绵阳	唐	红砂岩	小龛二十余，造像五十余。属道教造像
61	皇泽寺造像	四川广元	唐贞观五年（631年）	红砂岩	石窟六个，龛二十几个，方柱形，方室，方龛，长方形龛
62	巴中摩岩造像	四川巴中	唐、宋	红砂岩	分东、西、南、北和大佛寺五处
63	安岳石刻	四川安岳	唐——明	红砂岩	有千佛寨等十五处。华严洞就石洞内岩壁凿成，外有木构建筑
64	通江摩崖造像	四川通江	唐	红砂岩	五十一龛。有石匠张文进、赵敏简题名
65	石钟山石窟	云南剑川	南诏大理（649—1094年）	————	石钟山石窟，狮子关区三窟，沙登村区四窟，是我国古代白族人民创造的石窟
66	栖霞山石窟	江苏南京	南朝	白英矿岩	
67	云龙山石佛	江苏徐州	北魏正平元年（451年）	————	佛像两侧造像七十二处，二百五十余尊，前有石佛殿，为皇帝皇后求福。刻山峰、瀑布、洞穴、天然如画
68	新昌大佛	浙江新昌	南朝梁	砂岩	大座佛一躯
69	杭州石窟造像	浙江杭州	五代——元	石灰岩	包括飞来峰、烟霞洞（凝灰岩）、石屋洞、南观音洞，将台山、玉皇山、慈云岭、宝石山（凝灰岩）等处。特点为天然洞穴加工
70	福清弥陀岩	福建福清	————	————	存弥陀座像一躯
71	福建泉州瑞象岩	福建泉州	宋元祐二年（1087年）		造像一尊。另外，泉州尚存弥陀岩，老君岩及摩尼造像等

第二节 石结构建筑

我国原始社会已出现用天然石块垒成的“石棚”。利用天然卵石来作柱础，在殷商之前亦早应用。可是将岩石用作建筑材料，除天然状态石料的应用外，更进一步是对岩石的开采和加工。加工的主要工具是“凿”，因此在没有硬度较强的金属工具产生以前，大量的较精确的石材开采是不可能的。从历史上的记载与现有实物来看，石材开采迅速发展时期应该在秦汉以后，这与冶铁技术有密切的关系。

汉代冶铁技术进步，铁工具增多，为石构建筑提供了有利的条件。在天然石材较多的地区，如山东、四川等地，石建筑出现不少。实物一直保留到现在的，如东汉山东肥城孝堂山郭巨祠（图 7－2－1），就是一例。祠中有永建四年（公元 129 年）的题刻，说明墓祠是永建以前所建。石祠的平面为长方形，正面中央立八边形石柱，柱顶置大斗，将正面分为两间。此种形式普遍见于汉石墓及画象石中。屋建于矮台基上，屋顶为仿木构悬山式，上有屋脊，两端向上微曲，并在石柱构件上凿出瓦陇、瓦当及圆形椽子。因建筑仿木结构建造，为了适应石材的性能，所以比例粗壮，也不要求做到绝对的肖似。在技术上能将石凿雕出柱、斗以及细部如瓦样等。在开采中又能制成石条石板，证明已掌握劈面及磨光等方法。



图7-2-1 山东肥城县孝堂山郭巨祠石室

辽阳东汉墓，主要是用石板建造的。墓平面近方形，左右后三方各突出耳室一间，墓室左右宽 8 米，前后深 6.6 米，高约 1.4 米。墓门列石柱四根石扉三扇，以回廊相通，前廊左右各有耳室一间，后廊背面偏右突出耳室一间。其形式与孝堂山郭巨祠一样，为仿木结构形式。石材为青色大块石灰质板岩。石灰质板岩在开采时可依岩层的自然纹理层层揭取，开采容易。石板打制方正，表面光滑，这说明当时已使用较硬的铁工具。墓室封闭固灰极为严密，四周以石板为壁，因为石材抗拉强度低，顶上石板下加石条横枋，地面亦铺石板、石与石间用石灰勾缝。

如果从石构建筑中看建筑技术的成就，沂南石室墓是有代表性的，其建造年代当在东汉末（图 7－2－2）。这墓拥有石室八间，前、中、后三主室各由两间合成，室与室之间都有门，墓的

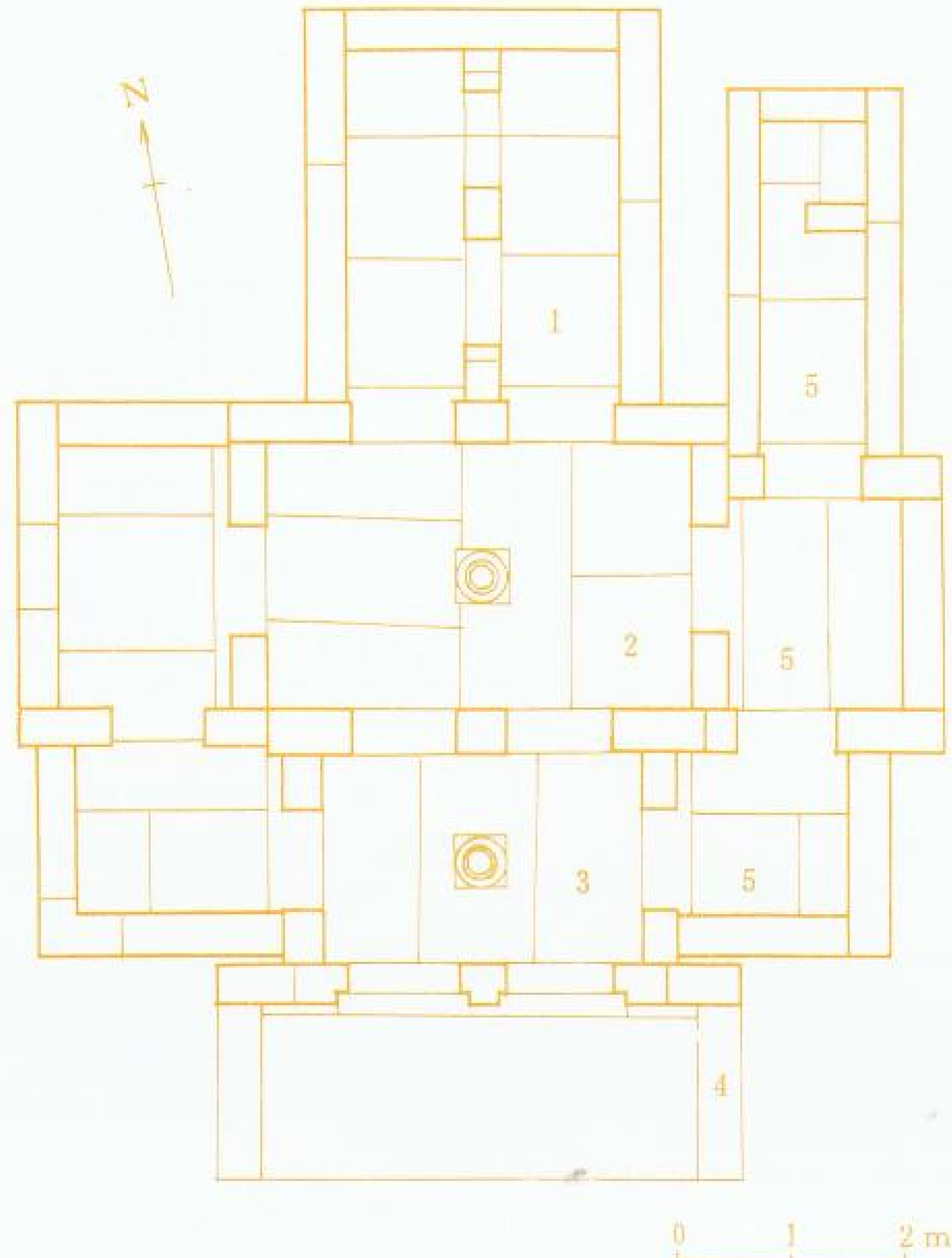


图7-2-2 （1）山东沂南古画像石墓平面图
1.后室；2.中室；3.前室；4.挡土墙；5.侧室

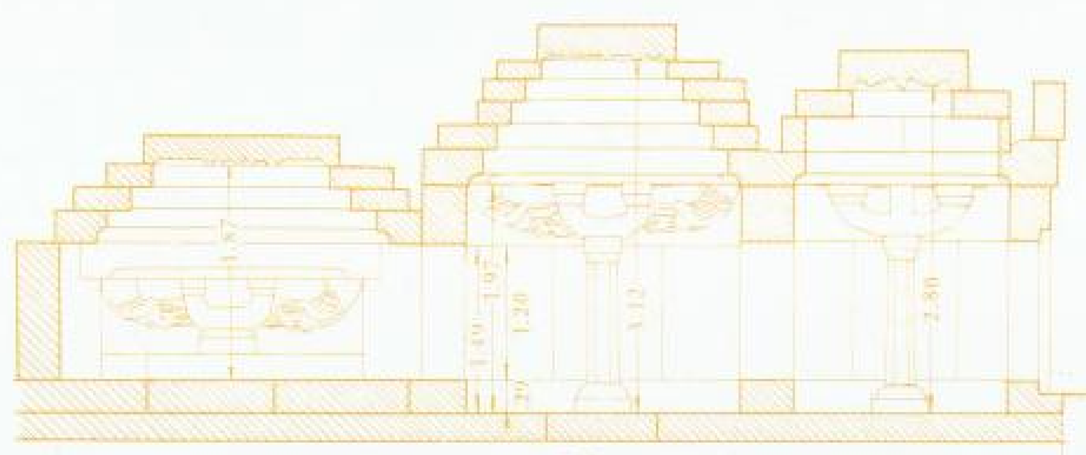


图7-2-2 （2）山东沂南古画象石墓南北断面（单位：米）

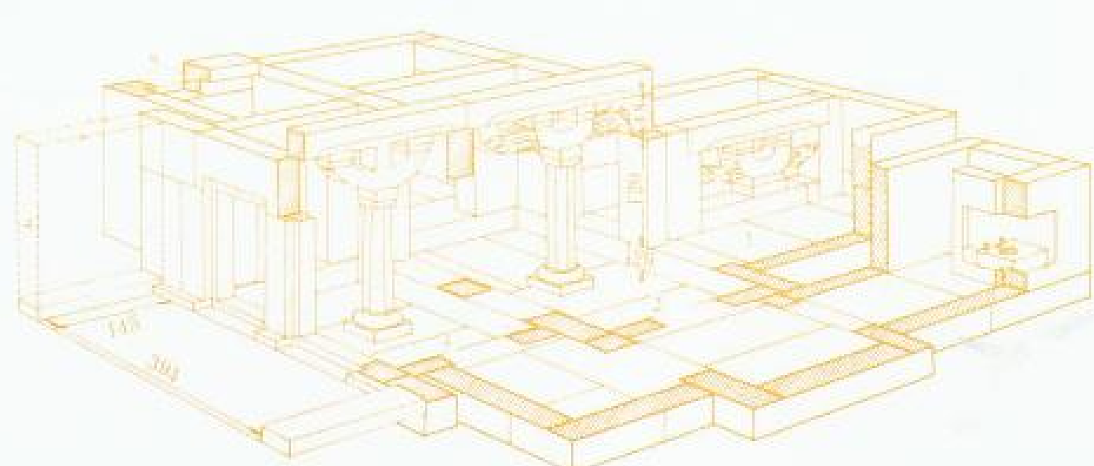


图7-2-2 （3）山东沂南古画象石墓剖视（单位：厘米）

大门高 1.49 米，并排两门宽 2.6 米，室前两间宽 2.84 米。这墓石质系深石灰岩砾岩（再成岩）及部分砂岩。前室面宽两间，从石柱划分，上置石门楣，前中二室各有擎天柱，高 1.10 米，上置一斗二升斗栱，中列蜀柱，下置柱础，一如木结构。室顶为藻井，前室用石条抹角重叠方法，中室用叠涩方法，其他侧室顶部亦皆用此两种做法，画象石 55 块，面积达数十平方米。

沂南汉墓虽然仿木结构形式，但古代的匠师考虑到石材挠力差，跨度不能大，因此面宽开间采用中柱。藻井用抹角叠涩重叠，以发挥石材之抗压性能，在技术上有新的创造。至于雕刻根据不同石质有粗细之分，石灰石质细而易于雕刻，55 块画象石刻出了精细的图象，石面的磨光亦有高度的水平。

汉代石构建筑中，从垒砌而成的，当以汉阙为最典型。

在汉代祠庙和陵墓前都置阙，下为高台，上起楼阁，今存者唯石阙而已。汉阙分布在四川、河南、山东等地，据调查尚存二十三处，大多是东汉时所建（图 7－2－3），阙高一般 4—6 米，多用石块垒砌而成，上施雕刻。每一处阙都是由完全相同对峙而立的两个阙身组成，又称双阙，或东西阙；阙身内侧较高大的部分称为正阙，外侧较低矮的部分，称为副阙或子阙；阙身下面有基座，上面有单檐或重檐屋顶。

太室阙在河南登封县，建于汉元初五年（公元 118 年），全部用石块垒成。阙身之下是平整方直的基座；子阙和正阙在平面上联成一体，在立面上则正阙高，子阙低；阙身最上一层石块平面增大，其下四周斜削与阙身相接，其上承托挑出的屋顶。屋顶为庑殿式，上面雕出瓦陇，角脊，另以石块雕成正脊，下面雕出椽子。同地同时期的少室（图 7－2－4）、启母二阙为同一类型。

这种阙用石块垒砌垂直的阙身，上面挑出平缓的出檐，浮雕图案等装饰及铭文的构图，都是以每层每块为单位的，石块不过是砖的代用品，沿用花纹砖的图案。从这里可以证明砖石两种结构间的相互关系。

高颐阙在四川雅安县，建于建安十四年（公元 209 年）（图 7－2－5）。阙身立在一个基座上，基座四周雕刻出矮柱和方斗，阙身上也雕出柱子、额枋。阙身宽 1.63 米，高 5.88 米；屋面宽 3.81 米，约为阙身高的三分之二，伸出阙身以外达



图7-2-3 四川绵阳县平阳府君墓阙

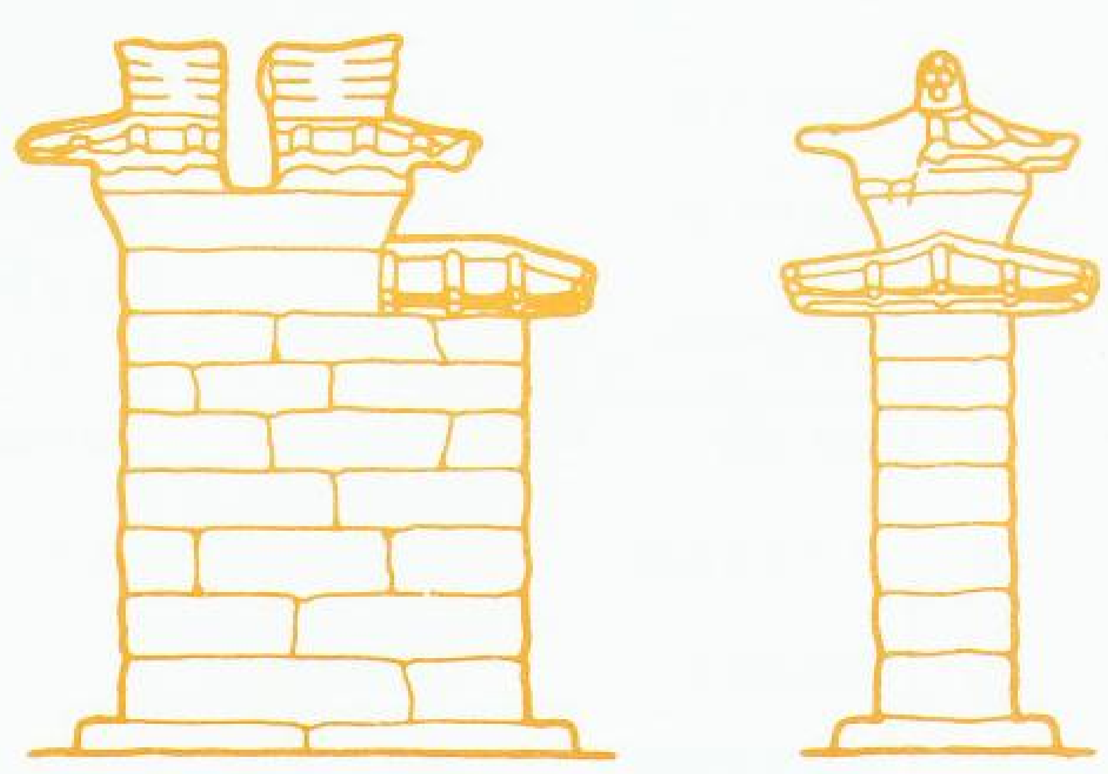


图7-2-4 河南登封县少室祠阙



图7-2-5 （1）四川雅安县高颐墓阙外观

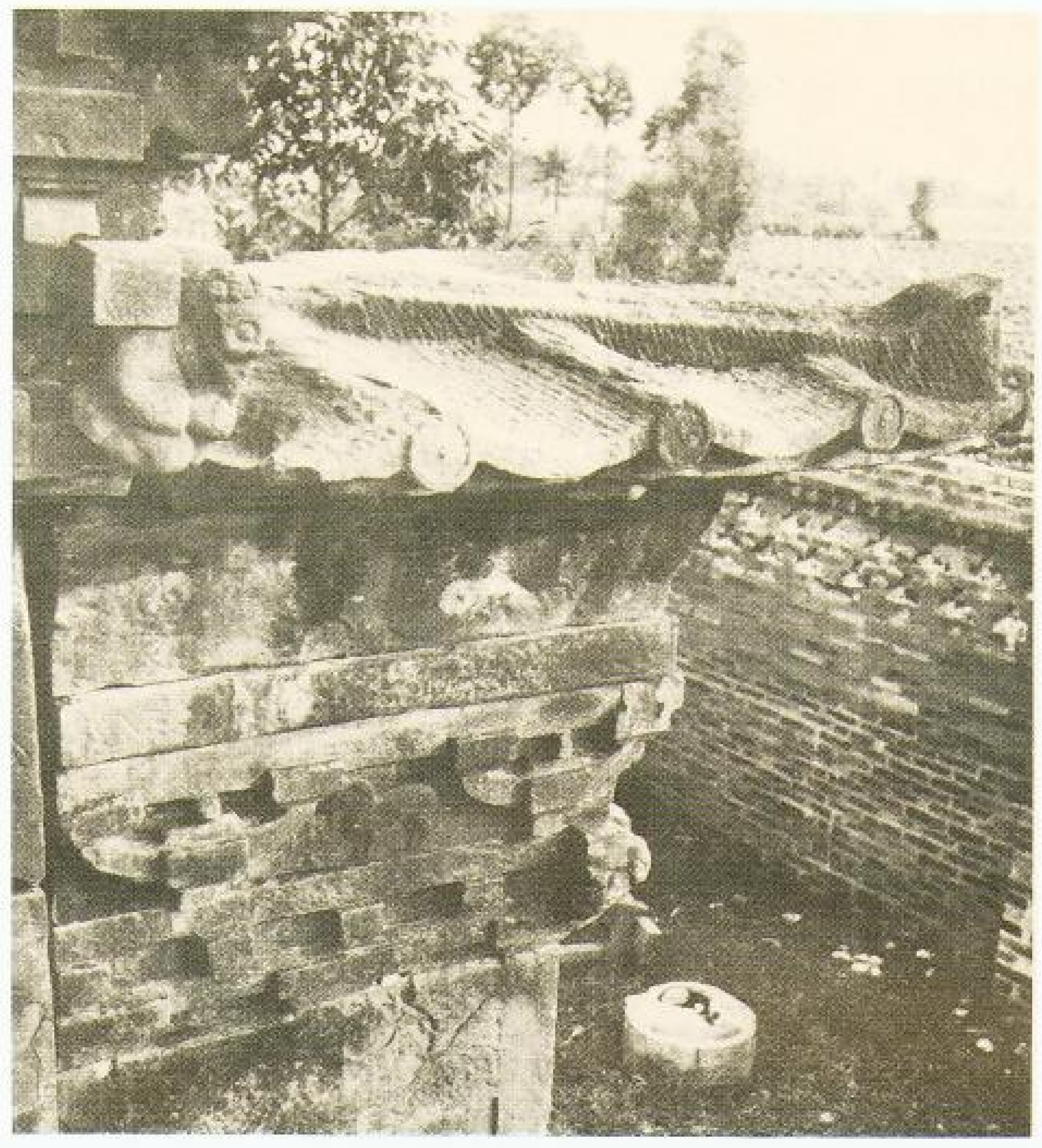


图7-2-5 （2）四川雅安县高颐墓阙局部外观

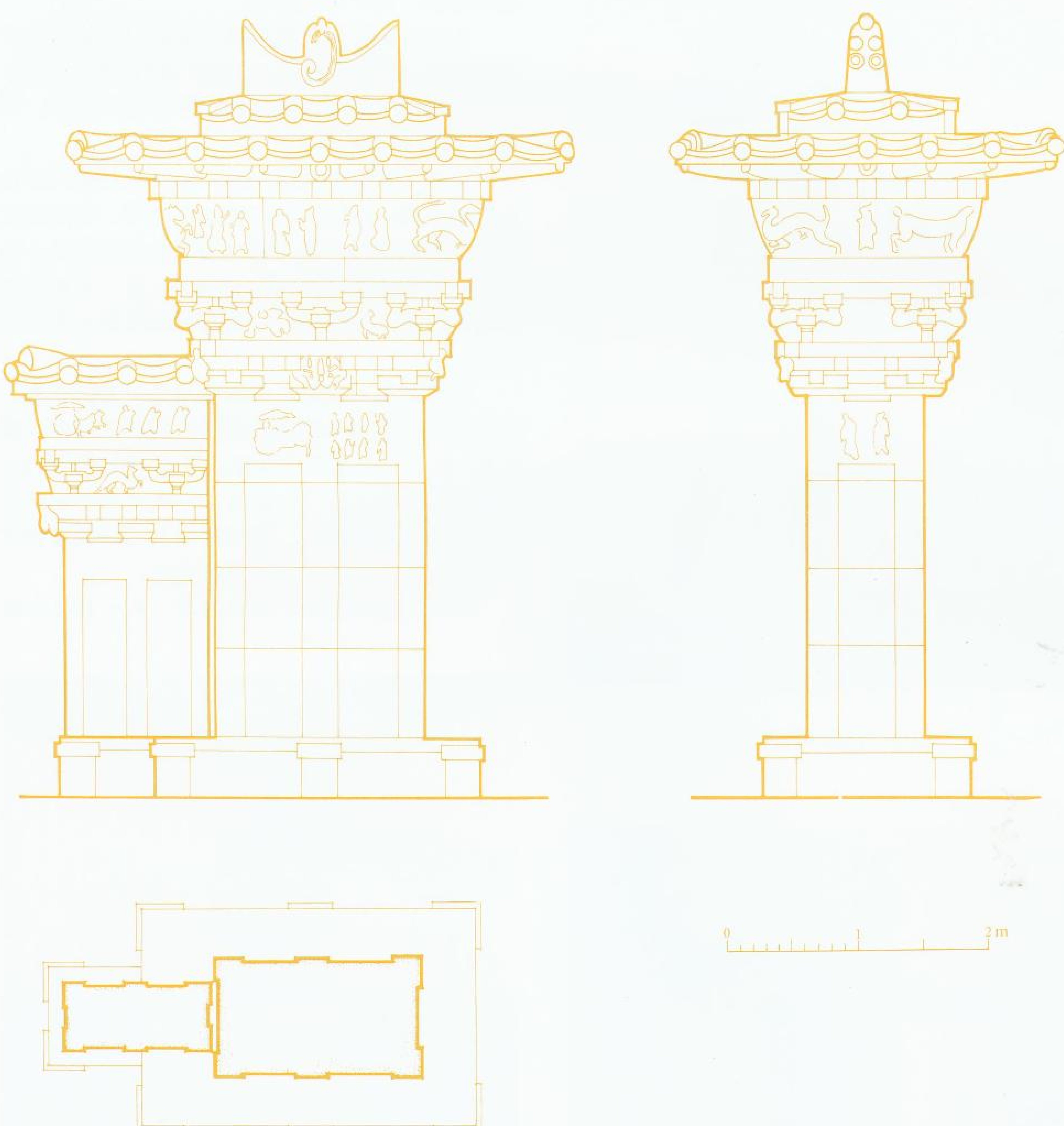


图7-2-5 （3）四川雅安县高颐墓阙平面、立面图

1.2米；在造型比例上是十分大胆的。但是从阙身到屋檐，其间用了五层石块，逐渐向外挑出，使得屋檐部分极为舒展。整个外形呈现活泼而又稳定之感。

五层石块上的雕刻，是此阙的重要部分。从下而上第一层石块，雕成几个大栌斗，上面承托着三层纵横相叠的枋子；第二层石块雕刻成一周一斗二升横栱托着一周枋子，斗栱略向外倾，栱下有蜀柱形的支承物；第三层是一层石块周边浮雕；第四层石块上大下小，四边向外倾斜，四周浮雕；第五层也是一层薄块，四面雕成纵横相交的枋子。

在以上五层石块之上，即是伸展的重檐屋顶。下檐与上檐相距很紧，屋面坡度甚平，但椽子是水平的。屋面上又用另一石块雕成正脊，脊两端雕出重叠的瓦当形，以表示屋脊是用筒瓦垒成的。子阙与正阙做法相同，但无第五层石块，屋顶则为单檐庑殿。

毫无疑问，它完全是模仿木结构的式样。可能因为最早的阙是木结构建筑，后来改用石材造阙，也多模仿木建筑形式。

四川渠县冯焕阙和沈府君阙等是另一种式样，形象较简洁，可以冯焕阙为代表（图7-2-6）。

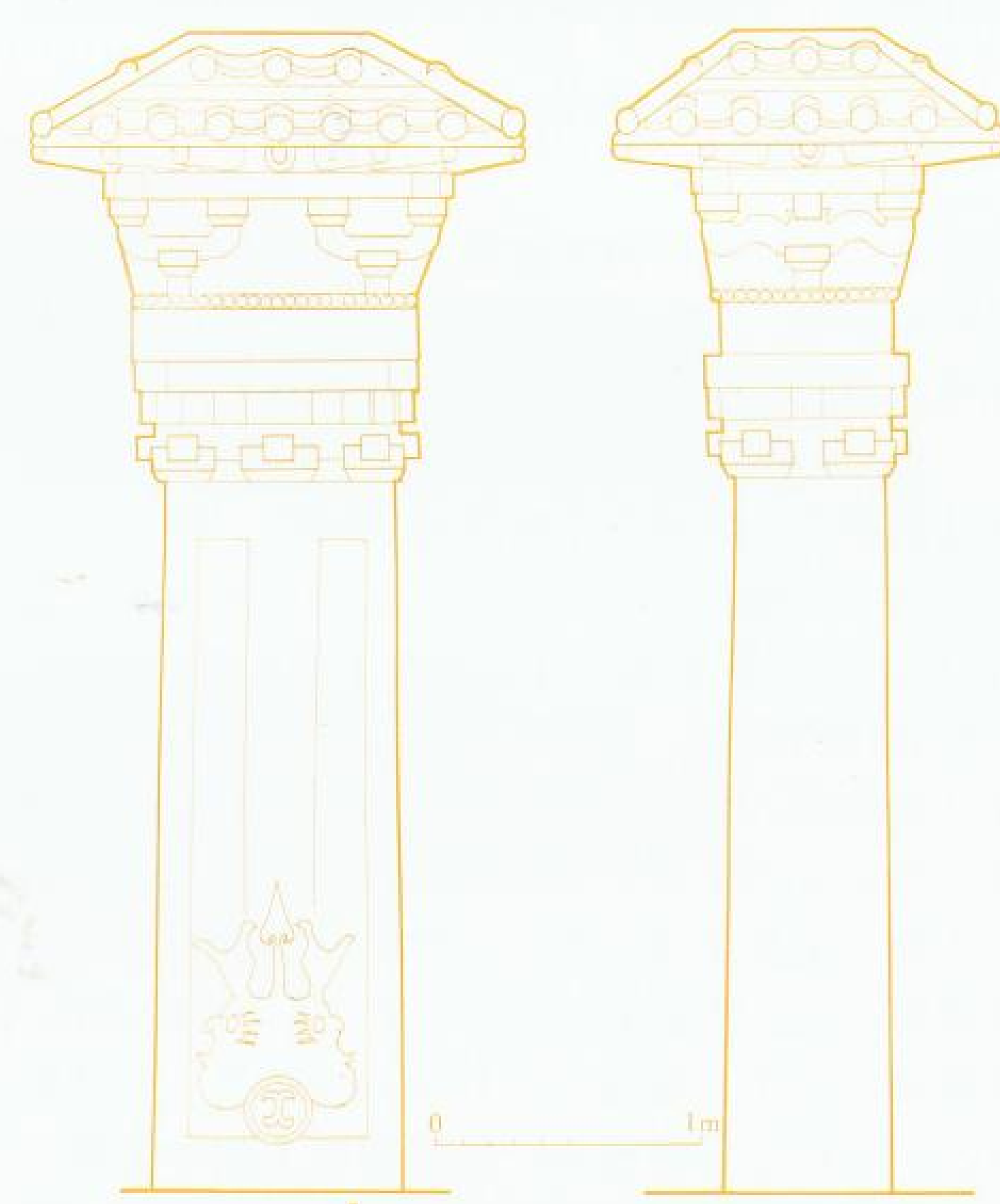


图7-2-6 四川渠县冯焕阙立面示意图

冯焕阙的阙身以上只有三层石块，其上便是屋顶。第一层石块雕成纵横相交的枋子，第二层石块较薄，四面平直，第三层石块雕斗栱。阙身正面镌铭。

以上三种阙的形式差别，在于阙身所砌的石块层次有所不同。其构造方法略分以下几种：

扁平石料重叠，如嵩山少室阙；

石块横垒加丁石，如嵩山启母阙；

大块石重垒，如梓潼杨公阙；

大块方石并列重叠，如雅安高颐阙；

方石重垒加嵌碑石，如梓潼李业阙。

从石阙的构造可以见到，早期的在堆垒时较

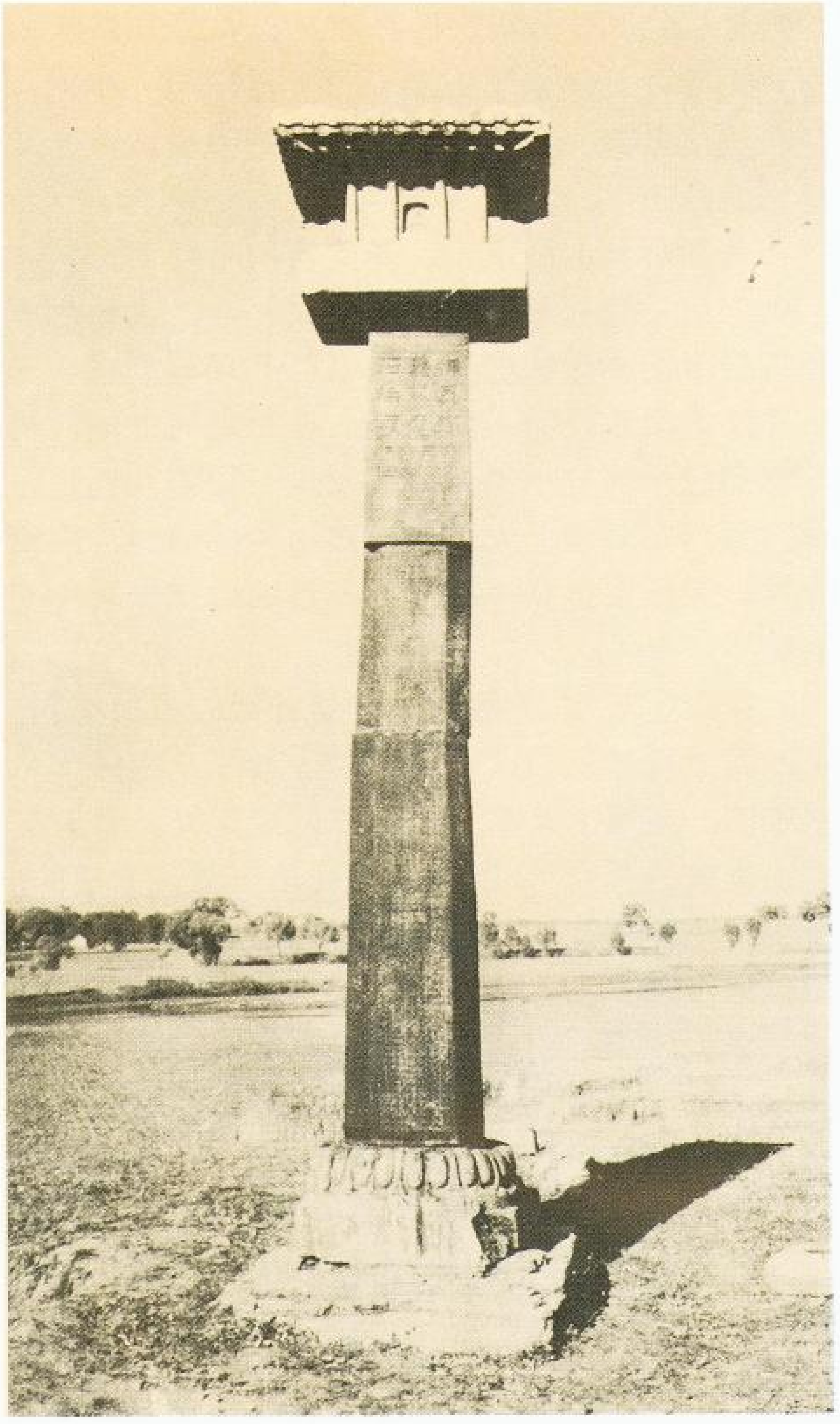


图7-2-7 河北定兴县北齐石柱

为朴素，模仿木结构亦较简单；后期踵事增华，具体而繁琐。因此在我国古代建筑技术史上，石阙成为研究汉代石、木结构的重要证物。

南北朝的石构建筑，又有了新的发展，就是石柱的建立。如南京附近的南朝石柱、河北定兴县北齐石柱都是代表之作。较高石柱的树立与稳定，表示在运用石材上对力学的了解又有了进步。同时石柱的树立，与施工工具也有很大关系。绞车已有应用。《晋史》卷一百零七《载记第七》石季龙（约公元336年）云："邯郸城西石子堈上有赵简子墓，至是季龙令发之。初得炭深丈余，次得木板厚一尺。积板厚八尺乃及泉。其水清冷非常，作绞车，以牛皮囊汲之，月余而水不尽，不可发而止。"这些石柱的施工，可能运用了绞车设备。

北齐义慈惠石柱（图7－2－7），不但是一个完整的石构，同时它对研究石、木两种构造都有很大的价值，尤其重要的是它表示凿石的技术，装配的技术比前代进步。

义慈惠石柱在河北定兴县，北齐天统五年（569年）建立。石柱结构系于莲座上建八角柱身，柱顶为长方形平板一块，上琢石屋，顶离地高约7米。石屋面宽三间，进深二间，单檐四注顶，完全仿木构，比例甚好。

此石柱为分段建造，石柱、石屋、石屋盖，进行分段叠接。故交接面必须磨平，尽量达到紧密，以求稳定，少用胶结物及垫片。中国石工不论石构、假山皆用此法。汉石阙高度低，底盘大；而此柱则下小上大，对重心的掌握又进了一步。

南北朝陵墓前的石柱，在形式与构造上有所不同，最显著为柱身的槽。北方从汉晋到北朝的例证如、琅琊相刘灵、汉骠骑将军石柱，圆弧皆向外，尖棱在内，并横束绳纹，形状很象一束竹竿，名"束竹交纹"。南朝陵墓的直槽则相反，以尖棱向外，圆弧向内。南朝石柱上部横段的背部，仍有束竹交纹，并横施水平绳段三道（图7－2－8）。

经历南北朝，我国的石构与石刻确有很大进步，在风格上由粗犷趋于谨严。如果没有优良的工具与熟练的技术是不能达到此地步的。至少这时期的凿石工具比汉代已经多样化了，而磨光的技术，亦与前代不同。

北魏时出现了石塔，这是石构建筑的新类型。

济南历城神通寺四门塔（图7－2－9），隋大业七年（611年）造，纯用当地的青色岩石筑成。平面正方形，东、西、南、北四方正中各辟有半

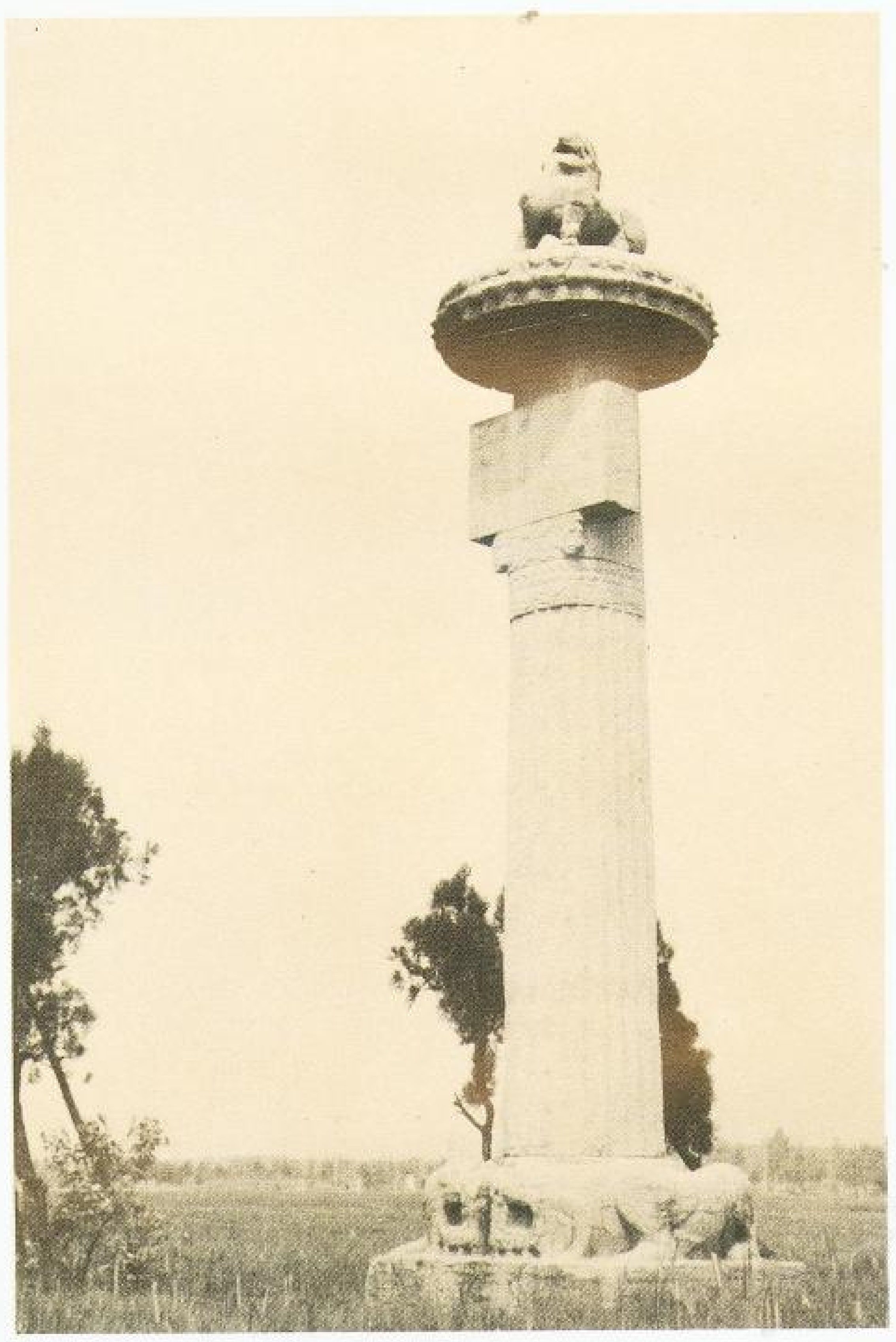


图7-2-8 南京梁萧景墓神道石柱

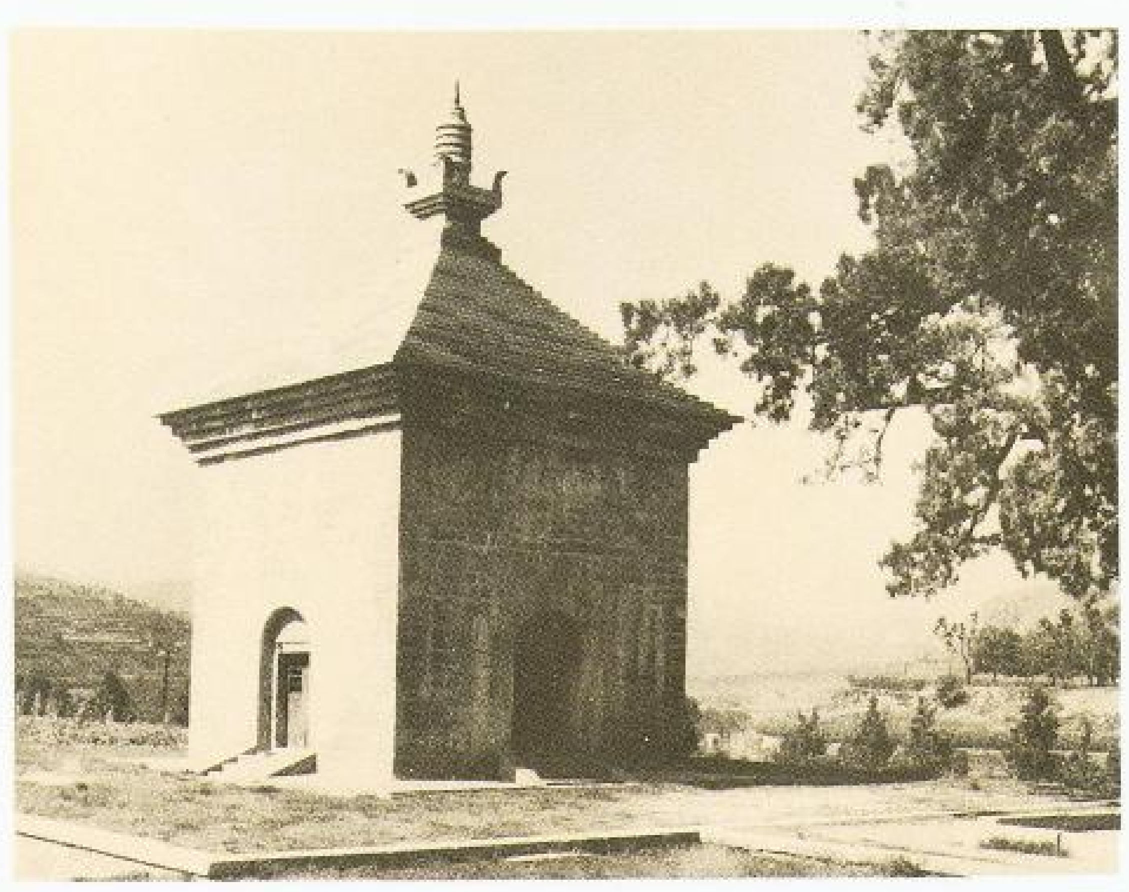


图7-2-9 济南历城神通寺四门塔



图7-2-10 山东长清县灵岩寺慧崇塔

圆形拱门，所以称四门塔。每边7.35米、高13米，室中置方形石柱，柱头施以五角石梁，承托上顶，柱的下端立在方形石板上，墩较石柱宽三尺余。此塔除壁面全部用石砌造外，四周塔檐及塔顶均用叠涩法，顶为方锥形体叠涩二十三层，逐层收小，其上冠以塔刹。

山东长清灵岩寺慧崇塔，亦单层石塔，建于唐贞观中，平面正方形，正面辟方门，饰以圆券，刻作火焰形，侧面为假门扇。塔顶叠涩出檐，其上置塔刹（图7－2－10）。

唐代石塔建造数量增多，有八角楼阁式如沁水玉溪石塔；经幢式如交城华严经塔、汤城北留石塔、晋城慧峰石塔；圆型石塔如长治县羊头山石塔；方型单层塔如房山云居寺石塔，平顺县明惠大师塔等，形式多样，基本上都是用大型石块构造的。

唐末五代石构建筑中有利用叠石建造石塔。在此以前，唐代的经憧就是从南北朝的石柱发展而来，所以此三者是一脉相承的。但是在构造上，经幢与实垒的石塔同一做法，在施工中已应用了绞车之类的起重工具，胶结方法上石缝间灌铁水已开始应用，到宋后更向高矗发展。

杭州灵隐寺双塔、闸口白塔，大小高低大致

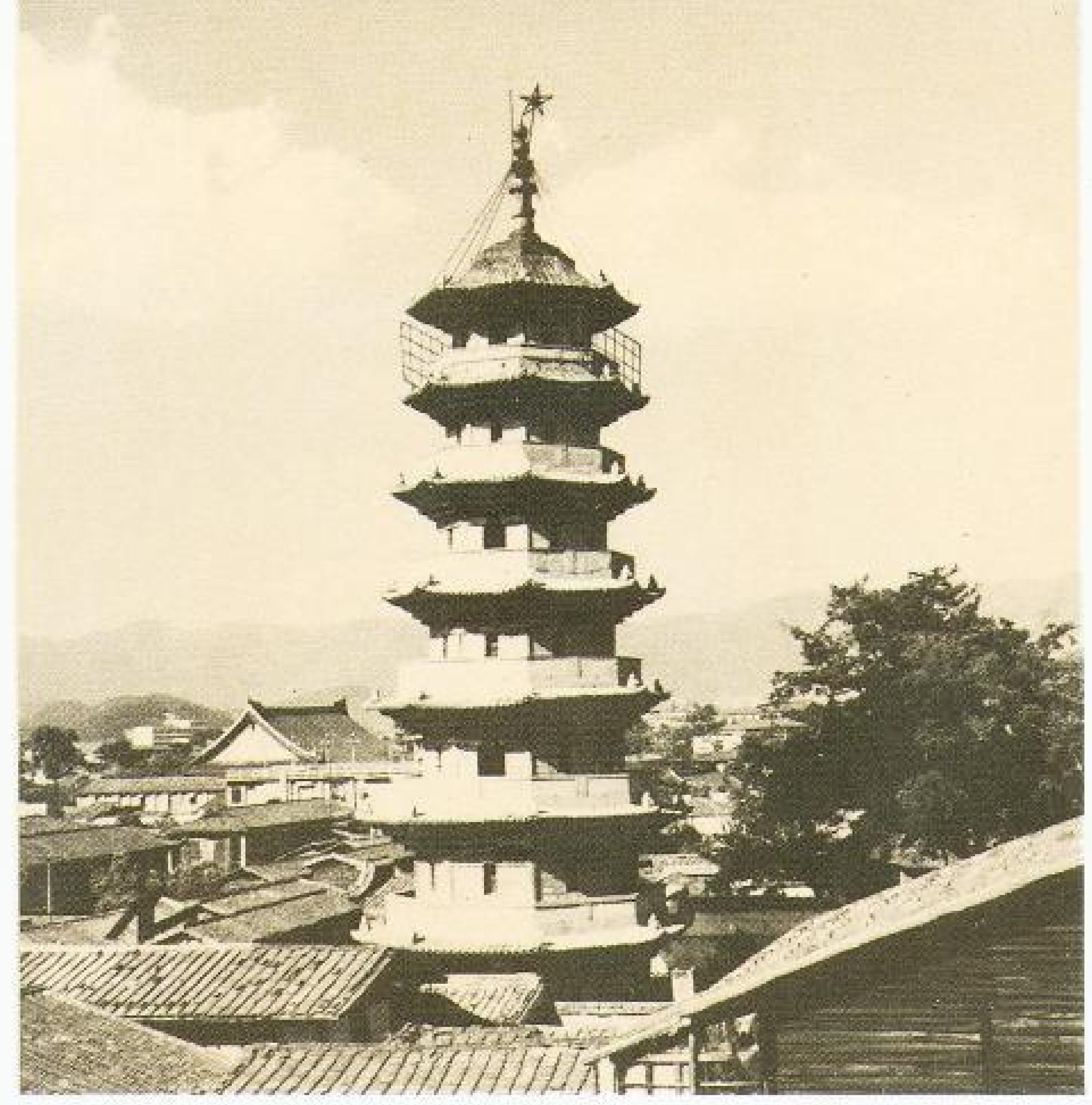


图7-2-11 福州坚牢塔

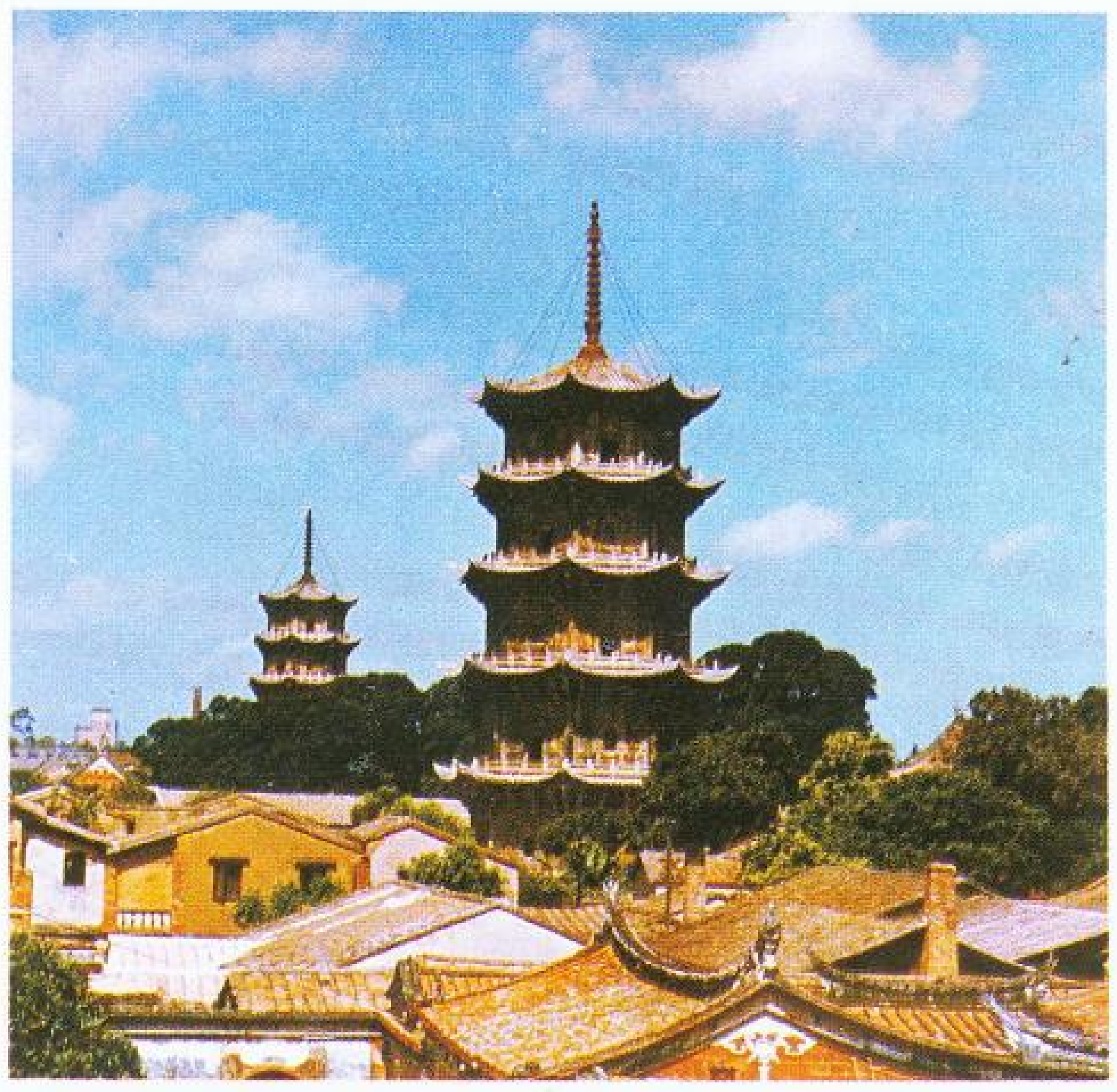


图7-2-12 （1）泉州开元寺塔



图7-2-12 （2）同上西塔（仁寿塔）

图7-2-12 （3）同上东塔（镇国塔）



相同，八角九级，为仿木结构塔型。每层八角均立圆柱，上施阑额；塔之四正面刻作假门；柱额之上，各层均雕单抄单下昂铺作以承檐，每层之下均承以平座，用一斗三升斗栱。此三塔为五代北宋初物。

五代石塔在结构上有用塔柱中施石梯者，其实是从实心砖塔发展而来的，最早之例为福州坚牢塔。

福州崇妙保圣坚牢塔（图 7－2－11），在乌石山下，为五代所建。七层八角，全高 35 米实心塔体中置石梯级折角上升。外以叠涩出檐，檐上为外走道及阑干。

宋代石构建筑发展比前代为速，有许多建筑为了永久性皆采用石构。在石料的开采上，除用“火烧”办法外，同时火药的应用对开石也起促进作用。在采石地区以石梁为主，在非采石地区，则采用石拱，即以小料为主，这个现象到明清更为显著。

宋代石塔建筑，达到极盛时期；今存之最古最大石塔是此时期的作品；福建泉州开元寺双石塔可推为代表作。

闽南产石，多石塔，今存遗物自五代至明清皆有保存，平面多八角形，外观仍仿自木结构。

泉州开元寺双塔，东称镇国塔，西名仁寿塔（图 7－2－12）。东塔始建于宋嘉熙二年（1238 年），高 48.24 米，竣工于淳祐十年（1250），前后十二年完成。西塔建于宋绍定元年（1228 年）一嘉熙元年（1237 年），高 44.06 米，十年完成。两塔平面八角形，五层，各层塔身八隅列圆柱，上施阑额；柱之间为门或窗及榛柱等；阑额之上出双抄斗栱以承檐；各层腰檐以上为勾阑无平座。内廊出华栱两跳承枋，用以联系塔中心柱与塔壁。此二塔形制几完全相同，在结构上亦都完全模仿木结构。西塔内部之石梁枋，皆作月梁形，较东塔更为形似木构。

此两塔虽高大为国内石塔第一，然就其结构而论，用石料并不大。倚柱用数段拼接，塔壁以横条石与丁石互砌。因此该塔之塔心柱与塔壁，就今日泉州石工砌石墙技法推测，似应为“双轨”造，类似空斗砖墙，而非实砌。这样不但减轻塔身自重，在砌垒时亦平整妥贴。在转角处皆用搭角交接以增强联系，使成为整体。此时之石面加工，已能用水磨光，表面平洁，砌缝严密。

福建南部宋元石塔，其平面多为八角形，在构造上可分以下几种：

八角形实心塔（泉州应庚塔）；

八角形石柱式，内置梯级外施腰檐（福州坚牢塔）；

空筒状加施腰檐（泉州万寿塔、蒲田广化寺塔）；

中具塔心柱、内廊、外施腰檐（泉州开元寺塔、六胜塔）。

其构造发展过程似应为实心塔—石柱藏梯式塔—空筒状塔—塔心柱式塔。

还有一种实心塔，外表雕刻精美，中间不能登临，只是一种佛教纪念物。例如南京栖霞山五化舍利塔即为代表（图 7－2－13）。

现存宋代石构除石塔外，尚有多处石幢。石幢结构较唐代层数加高，在施工技术中吊装与胶结技术更为提高。其最著者为赵县经幢，高 15 米余（图 7－2－14）；浙江杭州梵天寺经幢，高 15.67 米；浙江临安海惠寺经幢，高 12.10 米。至于石亭建筑，构造几全仿木结构，在江西庐山万杉寺南一里之宋石亭（图 7－2－15），全部用花冈石造，亭平面方形，上覆四角攒尖顶，仿木结构形式。亭四隅用八棱柱，下贯地栿，上以檐额相连，再加普拍枋。在栌斗上安明栿，栿的正中置圆栌斗，斗上覆盘石，分置大角梁四，斜栿四，以石板铺屋面。每面正中又加斜栿一道。明栿下有熙宁十年（1077 年）题记。

总观宋代石构建筑，在形式上摹仿木结构更为具体，《营造法式》按石每立方尺重 143.75 斤折算，对石的比重亦有所计量。但是，无论如何这时期的石构技术仍不出叠涩、挑梁、过梁这几种方法。而石材运输和吊装工具的改进，亦为促使此时期石构建筑增多的原因。

元代石构建筑基本上未出宋代的做法。举例如下：

北京居庸关过街塔的云台（图 7－2－16），其下穿以梯形券门道，券面外圆。它用石块构筑，实际上是一座城门洞，工程艰巨。

苏州天池山元代寂鉴寺石屋计三座，两座形似佛龛，一座为殿堂。佛龛式石屋位于山门两侧，高 5.8 米，形式用石仿木结构，屋顶用拱券法，外为重檐九脊顶，上下檐之间夹有短柱。屋身较高，四隅各有角柱一根，面阔进深皆一间，正面开门，上施阑额，两旁各有四抹隔扇，屋下奠须弥座台基。东屋较低仅 5 米，单檐歇山顶，因依岩而筑仅成半爿廊屋。建于元至元十八年（1358 年）。殿堂式石屋，建于元至正二十三年（1363 年），位于寺内西北。内部以石构架为主与叠涩法相结合。殿面宽三间，进深三间，近似方形，前檐与内柱，前后相称，后檐因山岩故无柱。此殿除正面三间开有隔扇门外，两山侧有旁门。梁架亦仿木结构立帖式，顶部用六个大小不同的藻井组成，藻井边缘架石梁，石梁至藻井中心皆用石叠涩。正中大藻井作八角形，凸出较高，四角有斜栱承托。屋顶全部用大而整齐的石板构成，顶为九脊式。

江西庐山秀峰寺前有元至正七年（1347 年）造麻石亭（图 7－2－17），单檐六角攒尖顶，柱为六棱形，两柱间施雀替、檐额及普拍枋；角柱上置大栌斗，对角檐月梁形明栿，栿中部置侏儒柱，柱下部作石礩形，柱上覆圆盘斗，出角梁六根，“斜栿”六根，不施榑椽，上承石板屋面。柱与柱间贯以地栿，其上装修。此亭与同地宋石亭，虽同为石制，形式又皆仿木结构，然用材已减小，月梁亦平直。其形式之变迁与木结构相同。此时期之石构建筑，只是在形式上随木结构在变。至明代，石牌楼与木牌楼几无两致。

元代石塔如安阳白塔已呈喇嘛塔形，浙江临安石塔，为楼阁式小石塔，普陀山太子塔形式略似金涂铜阿育王塔。这些石构建筑有的仿木结构，有的仿砖结构；普陀山太子塔则较特殊，较少仿

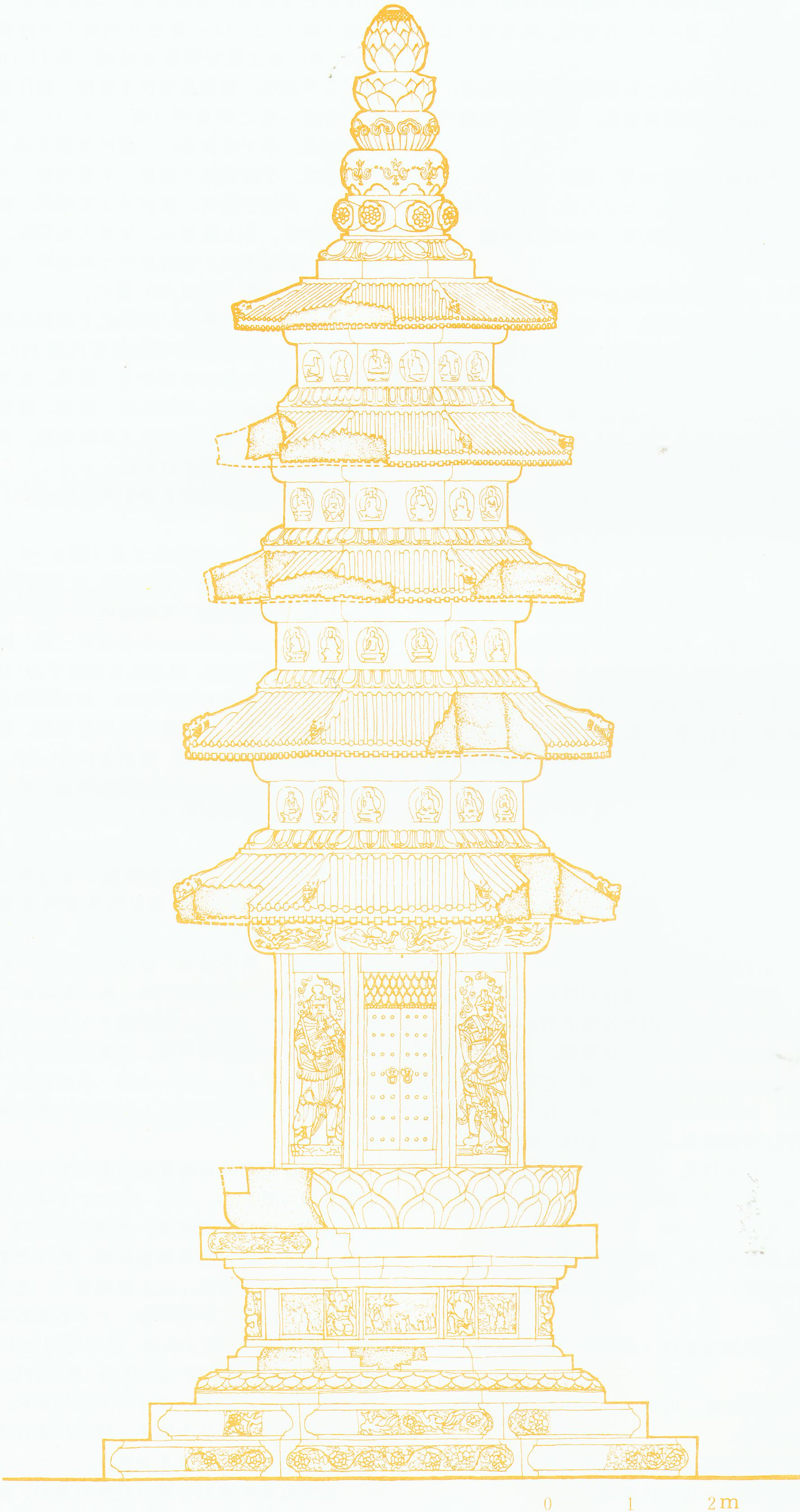


图7-2-13　南京栖霞山舍利塔立面图



图7-2-14　河北赵县经幢

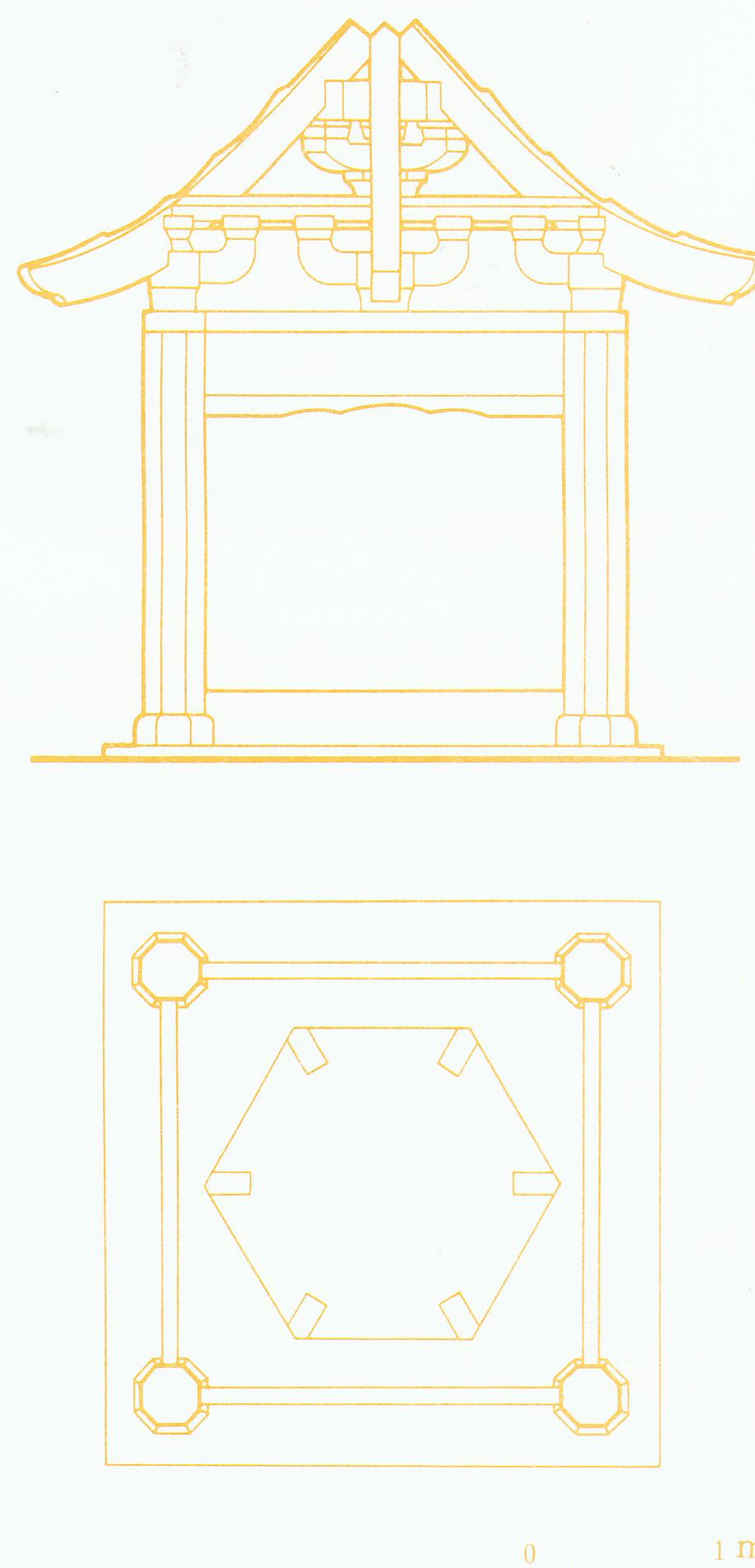


图7-2-15　江西庐山石亭（宋）

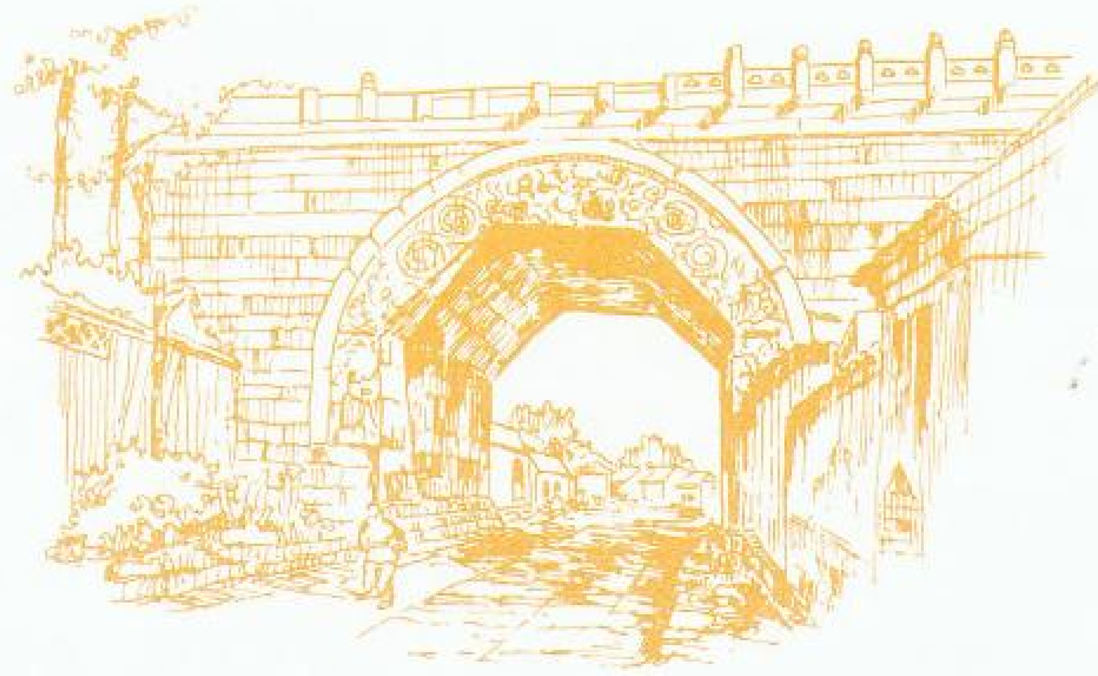


图7-2-16　（1）北京居庸关云台入口细部

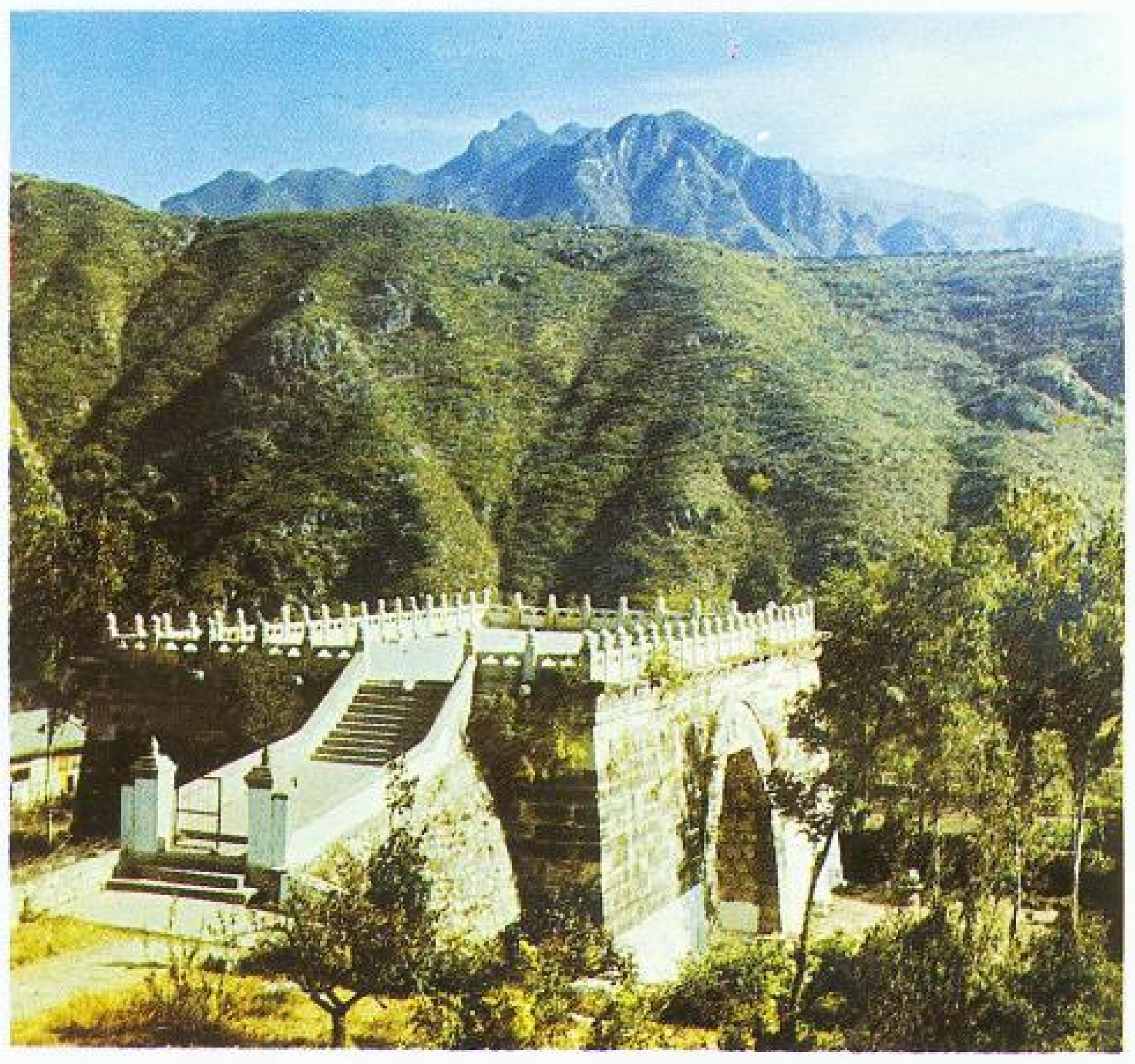


图7-2-16　（2）北京居庸关云台外观

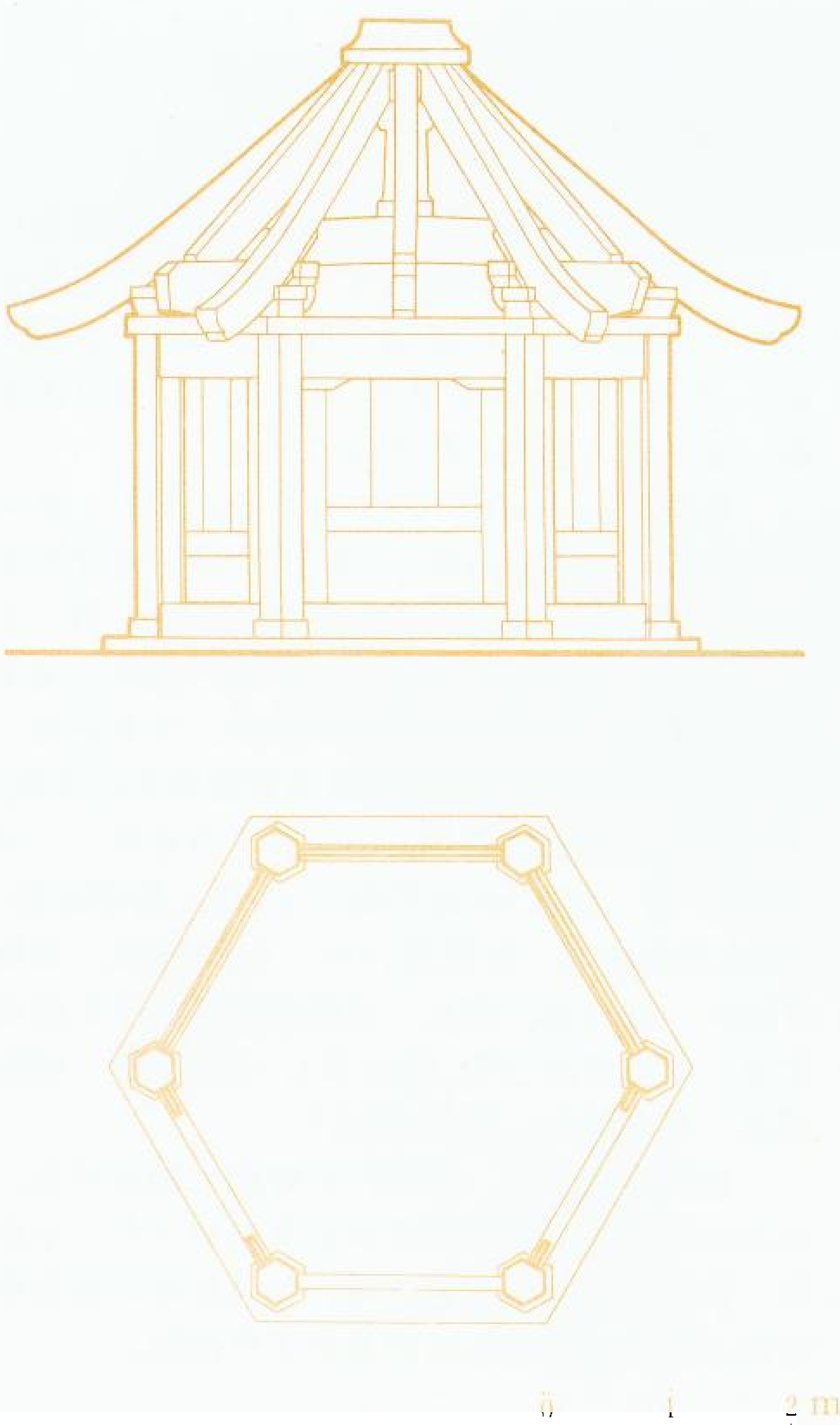


图7-2-17　江西庐山石亭（元）

砖石形式。

明清石构建筑在技术上有两种趋势的发展，一方面竭力模仿木结构，最突出的是石牌坊。另一方面是向拱券方面发展，达到了巨大的成就。不论陵墓、桥梁，都产生了较大的石建筑，似乎与明代的砖结构中无梁殿的盛行有关系。

大型拱券结构的代表作如定陵地下宫殿。

北京昌平定陵是明神宗朱翊钧之墓，1956年经过发掘，使地下结构昭然于世。地宫平面形式仍然照地面建筑平面布置原则布置，有正殿、左右配殿；此外尚有在中轴线上的前殿、中殿以及由中殿通向左右配殿的甬道。地宫结构形式为拱券结构，全用白石块砌成。前、中殿高各为6米及7.2米，前殿长为20米，中殿长为32米。正殿为地宫的主体部分，宽9.1米，高9.5米，长30.1米，配殿规模较正殿小，宽3.1米，高7.4米，长26米。

石构技术到明清时期加工及磨光精确度有显著的进步，北京天坛圜丘坛即是在石建筑技术上的好例子。

明嘉靖九年（1530年）建圜丘坛（图7-2-18），清乾隆十四年（1749年）拓展坛址。坛三层，上层径九丈，高五尺七寸；二层十五丈，高五尺二寸；三层径二十一丈，高五尺，都是一三五七九阳数。上层石面砌成九圈，由一个九环砌递加到九个九（计石面八十一块）；二层由十个九（九十块）递加到十八个九（一百七十一块）；三层由十九个九（一百七十一块）递加到二十七个九（二百四十三块），都是九数。各层石阑干也有一定数字：上层以踏级分为四段，每段十八块，四段共合七十二块；二层每段二十七块，四段共合一百零八块；三层每段四十五块，四段合计为一百八十块，总数为三百六十块，合周天360度的数字。

因为石料加工精确，在石面的磨光上做到细磨，因此又产生了声学上的好效果。如果有人正立于坛的中心点，偶发一音，四面都有回音。

除此外，皇穹宇、祈年殿的石台基亦极工整华丽，充分反映了明清时代在石料开凿上能掌握精确规格，在雕刻加工上、有较大成就。



图7-2-18　北京天坛圜丘



图7-2-19　北京十三陵石牌坊



图7-2-20　河北遵化县清东陵石牌坊



图7-2-21　山西龙泉寺石牌坊

明中叶以前，牌坊以木制为主，到明中叶后石造牌坊如雨后春笋，不但在间数上增多，并且在雕刻上更踵事增华。其时砖石结构突然兴起，其原因似可认为自宋以后起重工具的进步，盘车在起重上发挥了强大作用。北京十三陵之明嘉靖石牌坊计五间，为今存牌坊之最大者（图7-2-19）。其次为河北遵化清东陵石牌坊（图7-2-20），均属其中优秀代表。

安徽歙县明万历间许国牌坊，建在十字路口，前后造二座三间四柱石牌坊，左右再以单间二柱坊联之，成为长方形平面，当地人称为八角牌坊。此石坊仿木结构，坊上彩画悉以石易木为之，雕刻工整，公推为明中叶之代表作。山西龙泉寺前石牌坊，雕刻精致，水平也很高（图7-2-21）。

明清砖木结构建筑的台基、墙基、阑干、柱础、角石、华表、夹干石、上马石、抱鼓石、石狮之类又多与石雕工艺分不开。总之，永久性的

构件或建筑物，都用石料制成。产石地区如泉州、上饶等，至有以石筑屋；有些木构建筑，以石片代瓦；皆是就地取材的办法。

总之，我国古代石构建筑，在开采石料上能掌握石矿的特性，开采出不同大小的石料，同时能运用简单的工具加工成各种石材，并进行磨光雕刻等加工方法。几千年来，在施工技术上，累积了很丰富的经验，历代相传，是一份极宝贵的遗产。

第三节　石桥

我国古代石桥的历史，根据石料生产和建桥技艺的发展，结合社会历史分期和断代年限，可分为四个阶段。

（1）原始阶段：相当于原始社会以后至春秋末年（公元前 475 年），至少有一千七百余年。那时铁制工具尚未广泛应用，人们缺乏开采和加工石料的有力工具，只能用天然石块搭建极简陋的石梁。

（2）创始阶段：这个阶段，相当于战国以后至三国末年（公元前 475 年—265 年），约经历七百四十年左右。由于铁制工具的广泛应用，人们有了石料开采和加工的能力，可以用经过加工的规格石料建造桥梁。但石料生产技艺还比较落后，同时，对如何建造石桥，尚在摸索阶段。

（3）发展提高阶段：这个阶段，相当于西晋以后至北宋末年（公元 265 年—1127 年），约经历八百六十年左右。这个时期，石料生产技能有所提高，但工效仍不高，石料的大量供应仍有困难，建桥规模和数量仍有限制。建桥技术则有了明显的提高。

（4）建桥技术继续提高阶段：这个阶段，相当于南宋以后至第一次鸦片战争为止（1127—1840 年），约经历七百余年。这段时期石料生产技术和效率都有明显提高，石料的大量供应已不成问题；石桥建造的规模和数量随之有了明显的增加，相应地建桥技术上也有各方面的改进和提高。

一　原始阶段的石桥

传说，公元前 2100 年前后，“禹”治水渡越江河时，“鼋鼍以为桥梁”（《古今图书集成·考工典》引《拾遗记》）。这是有文字记载的传说中最早的原始石梁。以后，在记载周穆王（约公元前 840 年）出巡的传说中，也曾提到这种“鼋鼍为梁”的渡河方法。它是由堆积在河中的大小卵石，上架树干供人们步涉过河。开始，这种石梁是由天然堆积的卵石形成，以后人们受其启发，于是用人工堆积。据《秦会要补订》，秦始皇东巡途中，曾率百官以下人各投石，在济水上建造一桥，这就是用人工筑成的“鼋鼍”石桥。

我们推测“鼋鼍为梁”有可能是一种极原始的石礅木梁跨空式桥梁。它是把堆积成石堤式石梁的卵石和砾石，适当集中，形成一个个石堆，提高出水高度，上架木梁，供人通行。但这种石堆很容易被水冲散，冲垮，因此，人们或用竹条、树枝编成篓子，或用木条做成木框，将石块盛入竹篓或木框中，再架木梁成桥。这种原始的跨水桥，近几十年内还可在四川、福建、浙江等地山区溪涧上看到（图 7-3-1）。从考古发掘中证实，在石器时代的原始社会，人们就已有了砍制木梁和编扎竹筐等技能，但那时他们还缺乏加工石料的能力。上述这种原始石墩木梁桥，恰和当时这样的劳动技能相符合，是我们作此推测的根据。



图7-3-1　竹篓石圩桥示意图

二　创始阶段的石桥

战国时代我国开始大量使用铁制工具，为人们加工石料、建造石桥提供了必要的条件。史书中关于当时桥梁的记载逐渐增多。如豫让桥、西门豹治邺时在渠道上所建的十二桥梁，李冰在成都所建七星桥（七座桥梁的统称）等。但都未说明是用什么材料建成。可以查证为石柱或石墩台架木梁桥的例证如下：

（一）齐故城临淄石桥台遗迹

据目前为止的发掘资料，齐国故城临淄的某些遗迹，可能是用人工加工石料建筑的最早一批石桥台之一。临淄作为齐国都城，从公元前九世纪五十年代开始，至秦灭齐（公元前 221 年）为止，历时六百三十余年，经营时间之久是少有的。该遗址的小城东门和北门外两侧城墙向外凸出，城壕在通过东门和北门处屈曲弯折，宽度显著变狭，显然是为便于架桥。在正对城门的城壕两岸，地下发现有石块和夯土，发掘者认为应是石桥台遗址[1]。

（二）秦汉渭桥

秦始皇征服六国，结束了各诸侯国割据局面，政治经济实现大统一，工艺技术得到大交流。在营建帝都咸阳时，集中了各地工匠技师，大兴土木，修筑宫室、道路、园林。在咸阳，出现了一座横跨渭水的大桥，这是我国古代桥梁中第一座有详细文字记载的名桥，桥的一部分据传是用石头构筑的。

根据《水经注》、《三辅黄图》、《三辅故事》、《关中记》和《史记》的注释，对渭桥有如下记述：

建造年代：渭桥始建于秦昭王当政时期（公元前 306—前 251 年）；秦始皇统一六国，扩建咸阳都城时，进行了重修或加固。桥毁于秦末战争中。汉代，渭桥基本上按秦时形制予以修复。

桥梁规模：“桥宽六丈，桥长二百八十步，六十八间，八百五十柱，二百十二梁。”按秦制，一步为三尺，一尺约合 27.65 厘米，则桥宽为 16.6 米，桥长为 464.5 米，跨径平均约 6.8 米，每排桥柱应不少于 12 根。如属简支梁桥，每跨搁大梁约 3 根，如按每二跨一联，每跨大梁约 6 根。

桥梁所用材料：根据史料记载，桥之北首，垒石水中，故称为石柱桥。根据和林格尔汉墓掘出画象砖上渭水桥图（图 7-3-2），至少桥面部分应是木构，桥柱也可能是木构，但该图只提供一个局部形象，不能排除桥的另一部分（北首）是用石柱。

其它附属建筑：桥南北两端各立石柱一，两岸筑有堤激。石柱可能是华表一类东西，堤激即泊岸，用以防波抗冲刷，保护桥台1)。

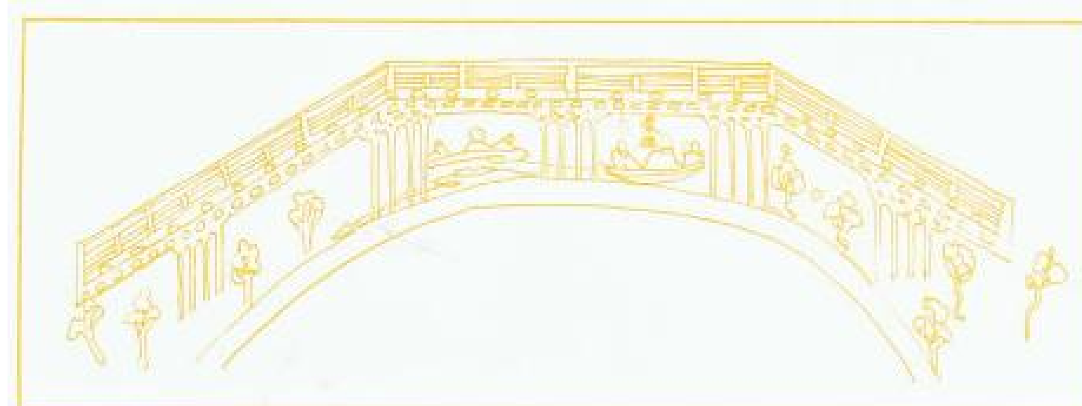


图7-3-2　渭水桥图

（三）汉代长安灞桥和洛阳建春门阳渠石桥

根据《初学记》和《西安府志》，灞桥在西汉时兴建于长安东北，跨越灞水，位于潼关至西安交通要道的灞桥，已不仅是石柱桥，而且“以石为梁”，发展为石柱石梁桥了。不过这个记载过于简略，且是后人追述，根据尚不充分。

早期的石柱石梁桥而较有可靠记载的，是东汉洛阳城东建春门石桥。《水径注》载：“穀水又东屈南，迳建春门石桥下，桥首建两石柱，桥之右柱，铭云：阳嘉四年乙亥（135 年）壬申，诏书以城下漕渠，东通河济，南引江淮，方贡委输，所由而至。使中谒者魏郡清渊马宪监作石桥梁柱，敦敕工匠，尽要妙之巧。……仲三月起作，八月毕成”。这一记载与《洛阳伽兰记》卷二所载略同：“穀水周围绕城，至建春门外，东入阳渠，石桥有四柱，在道南，铭玄：汉阳嘉四年将作大匠马宪造。逮我孝昌三年（527 年），大雨颓桥，柱始埋没。道北两柱，至今犹存。”

值得注意的是，建春门石桥施工期并不长，只五六个月，且历汛期而桥龄很长达三百八十余年，可见当时施工技艺之精。如果在此以前没有建筑石梁石柱桥经验的积累是不可能的。

（四）东汉画象砖上的一座裸拱桥

石拱桥的创建，是我国石桥创始阶段中一项

1）前面提到的那些桥梁，其上部结构多属木构，按现代习用的桥梁分类，只能说是木桥，但考虑到这些类型的桥梁是石桥发展中必经的过程，所以不能不在此提及。

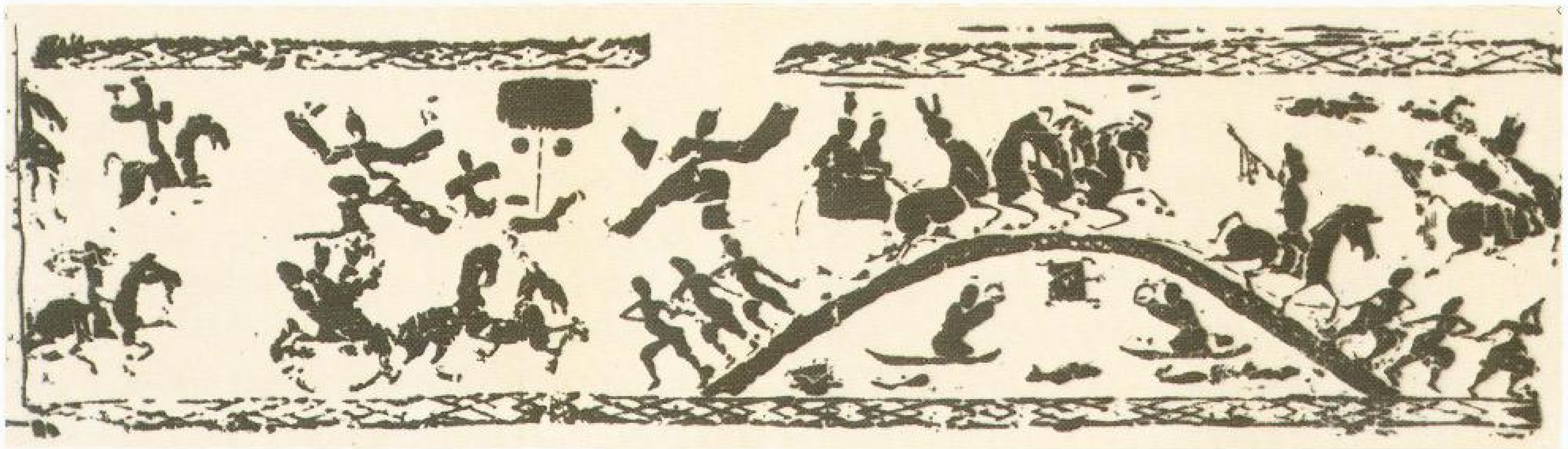


图7-3-3　东汉墓砖上的拱桥

突出的成就。关于我国石拱桥的创建历史，一直是人们感兴趣的一个问题。史籍中有关石拱桥的最早记载，是在晋太康三年（282年）于洛阳所建的旅人桥。

考古工作者于1954年4月，在河南新野县北安乐寨村发现了一批东汉画象砖，其中一块有我国初期石拱桥及桥上车马行驶的生动图景(图7－3－3)。这是一座单跨拱桥，桥上正通过一马车，驾四马。河上有船，说明桥下可以通航。桥面似无铺砌，属裸拱桥。桥面呈弧形，因而车骑通过时可能相当费力，且难免发生事故。为保障车骑安全，有必要采取一定的措施。画面清晰地显示：正在过桥的马车前后，各有三名力士，手挽绳索，车前的三人正在用力牵引车辆上桥，车后三人似是待车辆下桥时从后面牵制以减速。根据考古工作者初步鉴定，这一画象砖属于东汉中期作品，证明我国至迟在东汉中期（公元120年前后）已经有了石拱桥。[2]东汉出现石拱券墓室（见本章第二节），与石拱桥的出现时间吻合，当非偶然。

三　石桥的发展、提高阶段

自东汉末至隋近四百年中，建造石桥增多，但大型石桥需投入大量人力物力，工期也较长，不能不受到当时政治动荡和经济衰退的影响，这段时期有关石桥建造的资料发现得很少。

据《水经注》穀水条:“其水又东，左合七里涧……涧有石梁即旅人桥也。……桥去洛阳宫六、七里，悉用大石，下圜以通水，可受大舫过也。题其上云：太康三年（公元282年）十一月初就功，日用七万五千人，至四月末止。”这是最早见于文字记载的一座石拱桥。从用工数量和桥下可通“大舫”等的记述，可知这座桥规模相当大，对比东汉中期的裸石拱桥，已有所发展和提高。其中每日用工数达七万五千人的记述，可能包括采石、运输的人力，但也说明当时建造石拱桥需要费的功力甚大。

(一)赵县安济桥

久经战乱以后，隋统一全国。在开皇至大业年间(600年前后)，河北赵县造安济桥。该桥跨度之大，施工之精，桥型之美，桥龄之长，在古桥史中可称首屈一指，是石拱桥发展的一个顶峰。

安济桥(图7－3－4)，位于河北赵县城南五里的洨河上，是一座敞肩式（即空腹式）单孔圆弧形石拱桥，净跨37.02米，拱矢高7.23米，桥身连同南北桥堍，共长50.82米；在大拱的两肩对称地踞伏着四个小拱。靠桥堍的两个较大，平均净跨约4米，里边两个小拱平均净跨2.72米。桥宽约10米。桥侧四十二块拦板上，“龙兽之状”的浮雕，形态逼真，若飞若动。四十四根望柱，大多数形似竹节，中间数根顶上雕塑着狮首，精致秀丽。在帽石和锁口石上，分别装饰着栩栩如生的莲花和龙头。整个桥型稳重又轻盈，雄伟又秀丽，是一座高度的科学性和完美的艺术性相结合的作品。

桥由李春、李通等工匠建造，约于隋大业初年（605年前后）完成，至今已有一千三百七十多年。安济桥在漫长的岁月里，承受着各种车辆、人畜无数次的反复重压，经受了八次以上地震的考验，饱尝了千年雨水风雪的侵蚀，仍然傲然挺立。由纵向并列的二十八道拱券（图7－3－5）组成的承重拱板；除西侧五券及东侧三券在明、清时塌落外，有二十道券仍然是隋朝原构。

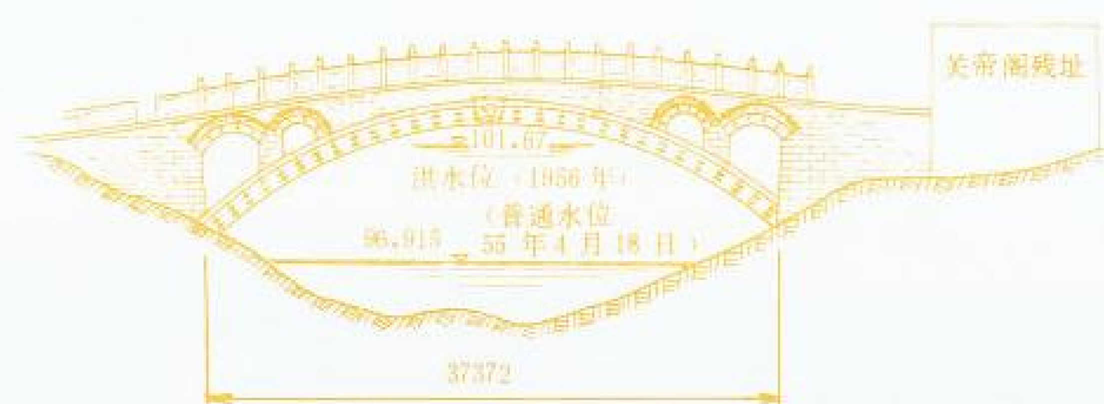


图7-3-4　河北赵县安济桥西侧立面图

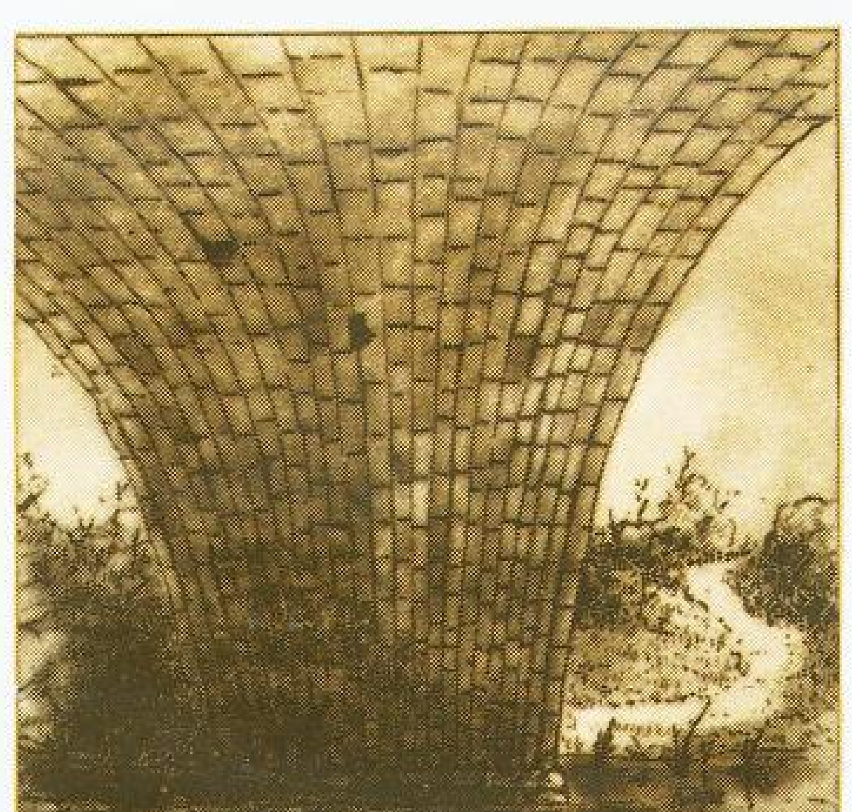


图7-3-5　河北赵县安济桥拱腹

安济桥是一座坦拱桥，其拱矢高度与拱跨之比，比1/5还小。大拱肩上还放着四个小拱；这样，就使拱桥从实腹式拱发展到了空腹式拱，从半圆形拱发展到了弧形拱；建拱技术达到了一个新的水平。

洨水两岸地势平坦，河岸地层上面是冲积而成的粗砂，下面是含有细石、粗石和细砂的土层。如采用半圆拱形，将使桥高距河水面至20米以上；桥高坡陡，车辆难以通行。同时，这样的陡桥将使桥梁的自重成倍地增加，使天然的粗砂地层很难承受得住。据解放后修缮时实测，粗砂允许承受力是每平方厘米4.5—6.5公斤，而桥自重对地基的垂直压力已达到每平方厘米5—6公斤，极为接近。可以推断，对于降低桥梁纵坡，减轻桥梁自重等问题，李春等匠师确曾花费不少心血。

除选用弧拱来降坡减重以外，还在大弧肩上放置了四个小拱，这样不仅利于排洪（增加泄水面积16.5%），且可减轻桥身自重。

建造这样的大拱桥，拱券要承受巨大的力量，其中拱脚将比拱顶受到更多的力，因此从纵向、横向两个方面加大了拱脚的受力面积。纵向，在拱背两侧平铺一层护拱石，厚度靠拱脚处约30厘米，向拱顶逐渐减薄，到拱顶仅为16厘米；这样，亦有利于降低桥梁纵坡。横向，把拱券做成拱顶较窄、拱脚较宽的型式。

用十九世纪才形成的弹性拱理论，对安济桥进行计算和验核，发现由于在拱肩上挖了四个小拱和采用30厘米厚的拱顶薄填石后，使拱轴线（一般就是拱圈的中心线）和恒载压力线甚为接近，造成拱券各个横截面上均受压力或受到极小的拉力。大大提高了拱圈的承载能力和稳定性，是造成拱圈千年不坠的一个重要原因。世界上数以万计的古代石拱桥中，拱轴线与恒载压力线比较接近的桥只占极少数。赵州桥达到二线接近，在当时条件下，确可说是工程技术上一个奇迹。

赵州桥拱圈用纵向并列砌券法，把大拱圈和小拱圈都纵分为二十八券（南端有一小拱是二十



图7-3-6　河北赵县安济桥半立面局部详图

1.带帽头铁梁；2.勾石；3.腰铁

七券）逐一砌筑合拢。大拱每道由四十三块，每块重一吨左右的拱石砌成。拱石高度均为1.02米；长度从70厘米到109厘米不等，以适应砌成所需圆弧拱的需要；拱石宽度由25厘米到40厘米，各不相同，以便由拱脚至拱顶砌成变宽度的大拱券。拱石间是用白灰或泥浆砌，拱石各面均凿有斜纹，相当细密，以加强相互之间的结合，且在每道拱券的拱石间安放了一对腰铁，使整个拱券形成一个坚实的整体（图7－3－6）。

造桥石料由距桥址30公里的元氏、赞皇、获鹿等县利用冰道运来。石质为青白色的石炭岩，比重为每立方米2.85吨；冻融十次无裂纹，抗压强度每平方厘米平均达1000公斤，质地优良。如何选材和运材也是花了一番功夫的。

用纵向并列砌筑造桥，只要搭起宽度为0.5—1.0米的脚手架便能施工，一券合拢，就能单独受力，帮助相邻拱券的施工。不仅简便安全，省工省木料，也便于维修。一券或几券的损坏，倒坍，不会影响全桥，修复也较为容易。传说明末桥西侧五券塌落，到一百多年后的清朝乾隆年间才修起来。修缮前，所存的二十五道拱券略有扭曲，形成为S型，北端东倾，南端西倾。但其中大部分拱券还无塌毁的危险，说明了这种砌券法对桥台、地基的多种沉陷情况有较大的适应性。

纵向并列砌拱法有许多优点，但也有缺点，主要的是各券之间横向联系较差。李春等匠师对此作了周密的考虑，除了上面已经提到的用拱顶拱圈较窄于拱脚拱圈的办法，借助护拱石与主拱石的摩擦力来阻止两侧拱券向外倾倒以及拱石各面凿有斜纹，提高拱石间的抗剪能力，加强结合外，还借助于当时冶铁技术和铁制工具，在拱背上各券拱的中间安放腰铁；在主拱跨中拱背上安放五根铁拉杆，四个小拱顶上也各放一根铁拉杆来使拱圈形成一体。又在两侧护拱石间放置六块钩石（图7－3－7）（两块放在大拱的拱顶，四块放在小拱的拱脚处）钩住大拱，以防外倾。钩石长1.8米，外露一头的下端有5厘米高的钩。经



图7-3-7　河北赵县安济桥的勾石和铁梁头

过如此精心的处理，基本上克服了各拱券横向联系差的弱点，使拱券保持了一千余年，直到明末才发生少量拱券倾塌。

修缮时，实测所存二十五道拱券的拱腹各点高度，然后反求拱券内侧弧的半径，得到西侧是27.7米，东侧是27.3米；若根据净跨度和拱矢高度推算，得到拱圈内侧圆弧半径为27.8米，二者相差不大。拱券砌筑得这样好，说明了当时的测量、拱架制作、拱石加工等技术达到很高水平。

经仪器测量，桥台顶端起拱线处的高程，北端东西相差17毫米，南端相差3毫米，东侧南北相差12毫米，西侧南北相差32毫米，均在允许范围之内。一千多年来桥台的沉落走动甚微，这是使二十道主拱券千年不坠的关键所在。其原因是由于采取了一系列办法减轻桥梁的自重，使桥台受到较小的垂直与水平压力以及桥台砌筑得好，基础处理得牢固等等。

桥台只用五层料石砌成，厚1.55米，台宽比拱宽稍大些，约10米挂零，直接放在天然的粗砂层上，比一般石拱桥桥台轻巧得多。为了防止拱圈拱脚向外走动，桥台与拱脚有铁柱相连、根据1956年在桥台边2米深的淤泥下发现木桩来看，桥台下基础很可能用桩来加固，减少桥台的沉陷。从地形上分析，两边桥台后座可能较长，以此减少桥台的水平移动。如安济桥那样的低桥台，长后座，充分利用自然条件来使拱桥耐久坚固，是长时期以来采用的好方法，现在仍有采用。

安济桥的建成，对以后各地桥梁的建造影响很大。敞肩拱的石拱桥，在全国各地都有建造。

（二）石桥墩的发展

汉代出现了多跨石柱梁和单孔石拱桥，对跨越较开阔的河川带来了方便。但柱式结构较单薄，难以适应深水急流，单跨石拱桥能适应深水急流，却难以跨越宽阔的河面。要解决这个矛盾，只有建造比石柱结构更牢固，能承受石拱圈的巨大水平推力，并能在深水中砌筑的石桥墩。这是石桥建筑发展中的一个关键。

石桥墩的修筑到了唐代，进入了逐步趋于完善的阶段。

《元和郡县志》卷五：“洛阳天津桥，在县北四里隋炀帝大业元年（605年）初造此桥以架洛水。唐太宗贞观十四年（640年），更令石工累方石为脚”。这是文献中第一次提到的大型石桥墩；石墩的平面，应是方形或长方形。

方形石桥墩的采用，比起石柱结构应该更为稳固，但立即产生了新的矛盾，即由于桥墩体积扩大，受到水流冲击的力量也增大了。为解决这个矛盾，于是出现了新型的石墩——船形墩。

《旧唐书·李昭德传》：“初都城洛水天津之东，立德坊西南隅，有中桥及利涉桥以通行李，上元中（675年），司农卿韦机始移中桥置于安众坊之左街，当长夏门，都人甚以为便，因废利涉桥，所省万计。然岁为洛水冲注，常劳治葺，昭德创意积石脚，锐其前以分水势，自是竟无漂损。”李昭德改建中桥桥墩是在武则天长寿年间（692年前后）。记载用“创意”两字可知船形墩的出现是从李昭德改进中桥时才开始的。

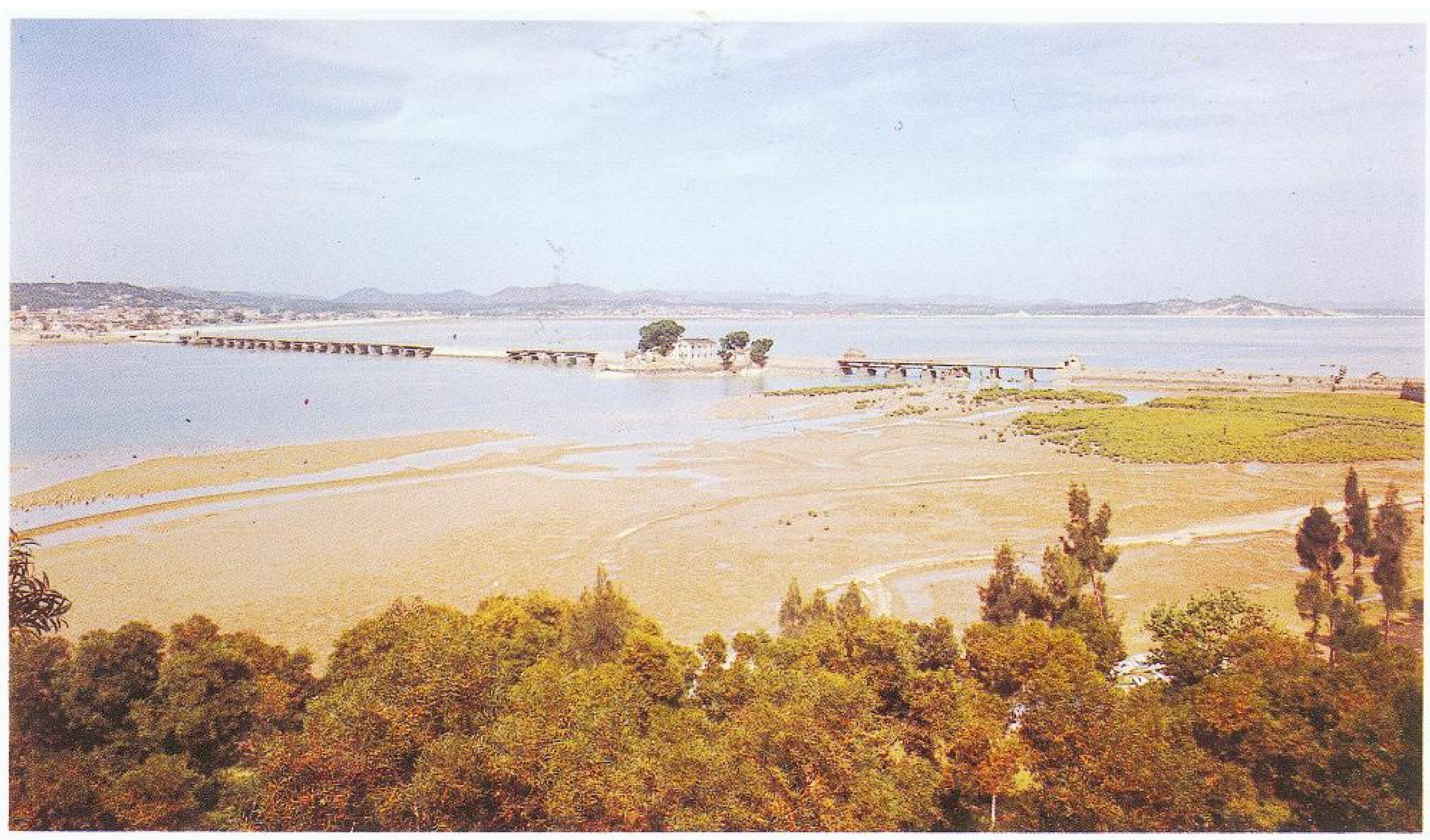
为砌筑自重很大的石桥墩，在基础工程方面应有相应的措施。1978年初，江苏扬州市挖出了可能是唐代桥梁基础的几组木桩桥基，可以确证至迟在唐代已有了桩基础；它和唐代石桥墩的修筑及日趋完善，是有密切关系的。

石桥墩构筑的日趋完善，为在大江大河上建造多跨石桥进一步提供了条件。北宋时在福建泉州所造的洛阳桥，是这一阶段多跨石墩石梁桥的一项代表作。

（三）福建泉州洛阳桥

北宋福建泉州建成的洛阳桥（图7－3－8），是桥梁史上一次突破。在此以前，还没有造成过象洛阳桥那样长的永久性大桥，更没有在江海交汇处建造过多孔式的跨空梁桥。近千年前建成的洛阳桥，它达到了一个新的长度纪录，开创了在江河入海口上建桥的先例。

泉州港位于福建东南沿海，早在公元六世纪的南朝，文献上就有泉州与海外通航的记载。到宋代，泉州逐步发展为我国最大的外贸港口之一。在泉州城东北洛阳江口的洛阳桥，处于从泉州北上福州，转从江西、湖北，抵达汴京（开封）的


图7-3-8　泉州洛阳桥

“官道”上，南北物资，都要经过这里。洛阳桥建成前，走陆路需绕道洛阳江上游的小道，困难很多。人们在这里等船渡。但人流拥挤，货运繁忙，遇到风潮袭来，有翻船沉溺的危险。因此，建桥是出于人们迫切的愿望。桥始建于宋皇祐五年（1053年），完成于嘉祐四年（1059年）。据当时记录，桥长三百六十丈，宽丈有五尺，分四十七桥孔，建造时间达六年八个月。

洛阳桥工程的最大困难是桥基的建造。桥址位于江海汇合处，潮浪夹击，流急水深。在这种困难条件下，千余年前的桥工，首先创建了现代称为“筏形基础”的新型桥基。所谓“筏形基础”，是在江底沿着桥梁中线满抛大石块，并向两侧展开相当的宽度，成一横跨江底的矮石堤，作为桥墩的基址。洛阳桥的筏形桥基，宽约达25米，长度约有500余米。

堤刚筑成时石块与石块间仅靠自重互相叠压，联结很差，加以堆垒零乱，石块间的孔隙大小不一，经过一段时间风浪潮汐的摇撼冲击，石堤的各部分必定会发生陷落、坍塌、漂动等情况；在这样的基础上砌筑桥墩，显然很不稳固，因此，需要采取加固措施。当时又发明了“种蛎固基”的方法。

牡蛎是一种生殖在浅海区域、长有贝壳的软体动物，它的背附在岩礁上，与附生物相互胶结成一体，繁殖力很强。成片成丛的牡蛎无孔不入地在海边岩礁间密集繁生，可以把分散的石块胶结成很牢固的整体，形成一堆堆“壕山”。“种蛎固基”，就是利用这种牡蛎的大量迅速繁殖，把原来比较松散的石堤胶结成牢固的整体。种殖牡蛎固基的过程，大约只需二、三年时间，这二、三年时间里，一方面是牡蛎在石堤上大量繁殖，同时石堤经受浪潮的往复冲击撼动，乱石孔隙调整密实，使整条石堤达到相当稳定坚固的程度。用牡蛎加固桥基的作法，后来应用于加固桥墩。

关于洛阳桥的筑墩和架梁工程，周亮工《闽小记》中有“激浪以涨舟，悬机以弦牵”的简略描述。周亮工，明朝人，他的记述，究竟是根据明代桥梁施工情况所作的推测，还是从北宋建桥时的历史资料转引得来，还待考查。据分析，“激浪以涨舟”就是利用潮汐的涨落，控制运石船只的高低位置，以便于石料的浮运、下卸、就位，和现代的浮运架桥法基本相同。“悬机以弦牵”，大约是指一种当时的吊装设备。以上两种施工方法，仅用人工、简单设备和借用自然力就可以办到。用这样的方法，将每块重达20—30吨，共计三百余块的大石梁和几万块桥墩石条（重的达10吨左右）起架于洛阳江上，可以想见前代桥工所付出的艰辛劳动！

四 建桥技术继续提高阶段

（一）南宋泉州的造桥热潮

到了南宋，出现了大规模的民间造（石）桥活动。当时福建泉州的造桥热潮，是一个突出典型。短短一百五十余年中，泉州地区建造了几十座大中型石梁桥；桥梁的总长度据不完全统计有五十余里，其中五里以上的长桥有三、四座，与北宋洛阳桥不相上下的桥梁就更多。南宋绍兴年间（1131—1162年）是泉州造桥热潮的高峰；每年造桥一里以上，连续三十余年，造成了三十余里石梁桥。

当时，石料生产的技术，达到了一个新的阶段。石料生产技术的大提高从物质条件上促进了大规模的造桥热潮，而大规模的造桥又促进了石料生产技艺的发展。

北宋泉州洛阳桥的建造，为此后的造桥工程提供了经验，因而产生了南宋时期泉州的造桥热潮；但根本的原因，还是出于泉州港迅速扩展的需要。

南宋时期的泉州，造成了畸形发展；很短时期内，由全国四大外贸商港之一，上升为全国第一大港，也为当时世界最大港口之一。修桥铺路，主要是为了商民往来，货物转运的需要。

从当时建桥的布局，也可以看到造桥和外贸发展的密切关系：绝大部分桥梁，都是近海、靠海甚至伸入海湾，目的是尽量使各个港区、码头和泉州联系紧密，来往便捷。例如，晋江上的三座桥（石笋桥、顺济桥、金鸡桥），其中二座建于晋江下游迫近入海口上，一方面贯通从泉州通往闽南、南粤的交通，同时也把大部分城南港区和市区直接联结了起来。又如普利大通桥、王澜桥、苏埭桥等，都在泉州城南或东南当时的海边或海滩上。从桥的残迹看，桥长而弯曲，有如海边石路，显出尽量要和港湾码头接近的需要，以便于从海船运卸货物。再如安平桥、东洋桥、盘光桥、无尾桥、獭窟屿桥等，或伸向海湾，或与隔海市集相通，或与海中岛屿相接。其中盘光桥和无尾桥（未全部建成），都通往泉州湾内一个名为岛屿的小岛。一个小岛而有二座长桥与之相通，似乎不可思议，原来，岛的东边港道深邃，可以通行和停泊大型海船，对岸西、南一带是后渚、浔美、万安等码头或转运渡口，附近西方村又设有造船、修船的工场；岛上商栈林立、市集繁荣，有“金岛屿、银后渚”的说法。为连接“金、银”之地，通畅财货流转，架起二座长桥也就不为多余了。

由于桥梁要近海、靠海、入海，势必造得很长，南宋泉州桥梁之长和长桥之多是一大特点。

以“天下无桥长此桥”闻名的安平桥（图7-3-9），是泉州长桥中的代表。桥跨越于安海港海湾上，东堍是石井镇，西堍是水灵镇。桥的长度，建桥时记载为八百一十一丈，三百六十二跨，超过五里，因此又名五里桥。桥上设五座亭子，供过桥人休息，中间一座称“水心亭”，是两县分界处。在郑州黄河大桥于1905年建成以前，七、八百年的长时期中，这座桥是我国古代历史上遗留下来最长的一座。

其它几座跨海桥梁，长度也很可观，如盘光桥，长四百余丈，一百六十跨；无尾桥长五百余丈；东洋桥长五百四十七丈，二百四十二跨，都比北宋时所建洛阳桥长。比安平桥更长的桥亦有，如泉州南门外的玉澜桥，长一千余丈，超过安平桥二百丈左右；惠安县大海中的獭窟屿桥，有七百七十跨，超过安平桥跨数一倍以上。可惜这些桥梁随着泉州港的兴衰变迁和海岸地形的沧溴变化，都已先后倾毁无存。

建筑桥墩的问题。如安平桥已从原长的2500米（由八百一十一宋丈折算）缩减为2070米，桥墩从原有的三百六十一座减少为三百三十一座，长度缩减的部分现在都成了陆地，其中大部分已成为市镇的街道。在保留下来的2070米桥身下，大部分已成为农田，只留下三股水道通行船只，说明过去这里大片地区泥沙淤积，水域不深。建

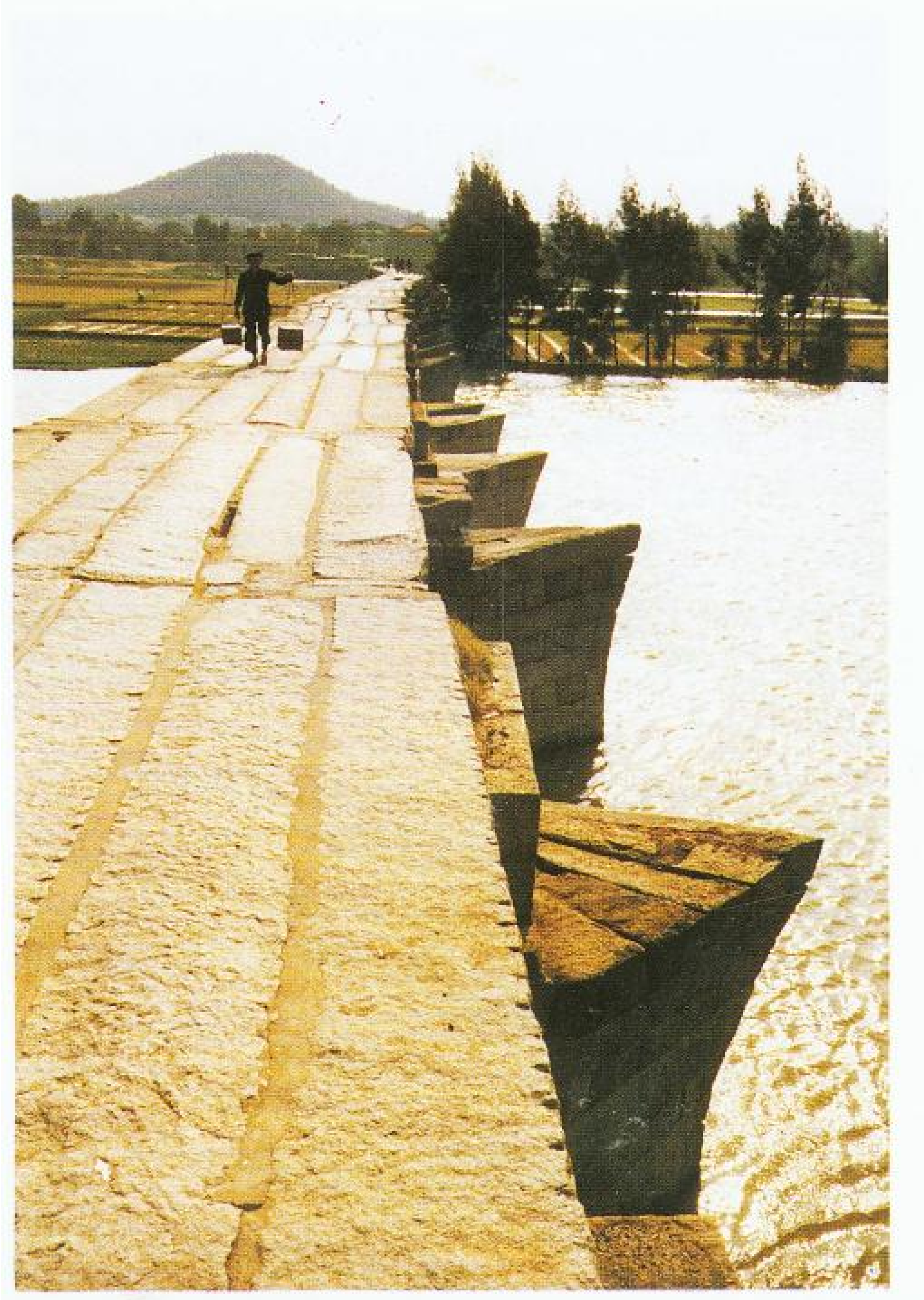


图7-3-9 泉州安平桥

桥时真正处于水深急流的地段只是小部分，大部分属海湾浅滩，桥面高于涨潮时最高水位即可。再如盘光桥，桥址原有石路，潮落路出，潮涨路没，桥墩就修筑在这样的海滩石路上。其它几座桥分别与安平桥和盘光桥的情况相似。

虽桥址水域不深，然而水底泥沙受到浪潮冲刷，经常漂移集散，很不稳定，难以采用围堰筑堤、抽水筑基直达水底岩层的作法。在这种困难条件下，这里的桥基大多采用筏形浅基础的形状。北宋所建洛阳桥基的长条石堤是一种筏形基础，



图7-3-10 泉州金鸡桥“睡木沉基”木桩原物

而南宋时所建的金鸡桥桥基，称为"睡木沉基"，是另一种筏形基础。筑基的方法是先在潮落水枯时，将墩基泥沙抄平，然后用几层纵横交错编成的木筏，固定在筑墩处的水面，再在木筏上垒筑墩石，随着墩石逐层增高，分量逐渐加重，木筏也就逐渐下沉到水底。解放后，在金鸡桥桥位上修筑水闸时，挖开旧桥墩，发现了"睡木"桥基。这是用几十根5—6米长的松圆木（图7－3－10），一层横一层纵编扎成的两层木筏，面积达30平方米左右。利用这样的木筏作桥基，一方面使石墩下传的巨大压重，得到了大约一倍于墩身平面面积的河底来共同承受；另一方面对河底大片泥沙起到压实、固定的作用；都对桥墩的稳定安全极为有利。这是继洛阳桥的长条石堤式筏形基础之后又一项可贵的创造。

南宋泉州所造的大量桥梁，总长达五十余里，全都是花岗石条筑成。花岗岩材质坚实，有效地解决了抵抗江潮冲击，压实桥墩基址，增强桥身整体性和加快造桥速度等问题。

南宋泉州地区所建都是石梁桥而没有造过石拱桥，一个重要原因是当时桥工任务浩大、时间要求较急，如建石拱桥，费时费工，需大量木材和伐木、运木、加工等人力，与架设简支石梁桥比较，工程量要大的多。

泉州当时的桥梁又都是石墩桥，不是石柱桥，明显的是由于柱式结构过于单薄，难以抵抗急流的猛烈冲击。同为石墩桥，泉州桥梁石墩的构造和其它地方常见的形式也有所不同，都用整条大石，一层纵一层横垒置而成，不用胶结，构造简单，施工快捷，压重大，整体性好，可以很好对付水流冲刷和浪潮拍击。

但工程技术的关键，还在于基础问题的解决。泉州海边架桥的基址，多在泥沙冲积层上，以当时条件，做深基础工期很长，工程量很大。当时的桥工在洛阳桥施工中首先创造了石堤式筏形基础，在南宋桥梁中又创造了"睡木"桥基，又比石堤式筏形基础工程量减少很多。它们都属浅基础的类型，都是利用了桥梁结构上下部分石料的巨大压重、压实和固定水底大片泥沙层，作为自己的基础。



图7-3-11　北京颐和园十七孔桥

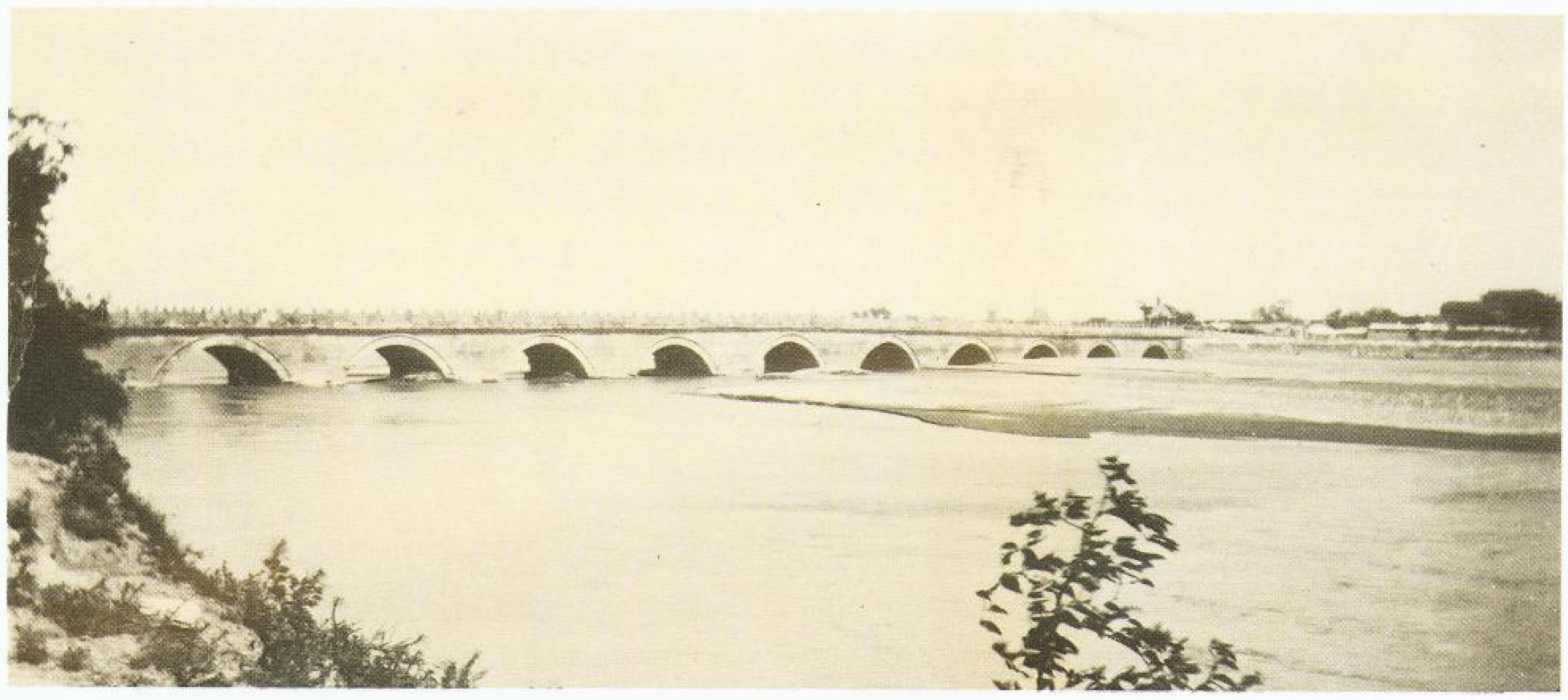


图7-3-12　北京芦沟桥全景

(二)石桥技术的广泛发展

我国南宋（在北方是金朝）时期以后，拱式桥也有很大发展，著名的芦沟桥、宝带桥就是其中的代表。在明清时期，石桥的修建继续发展，各地出现一批质量高规模大的石拱桥和石梁桥。它们适应不同地形和河川情况，适应通航和陆上交通的要求，有许多新的创造。江西南城万年桥，抚州文昌桥，分宜万年桥等是其中的代表。由于经验的积累，北方官式石桥建立一套按河床宽度为基准的分孔和跨距的比例制度，有完整的基础、桥墩、桥堍和拱券的施工方法，著有成书《石桥分法》（见于《工程备要随录》）。北京颐和园十七孔桥（清乾隆年间建）（图7－3－11），是这种官式石桥的典型代表。

连拱石桥：多跨石墩桥早见于记载。唐东都洛阳跨洛河的天津桥，就是多跨石墩桥。以实物而言，现存最早的连拱石桥为芦沟桥。

芦沟桥（图7－3－12），在北京西南10余公里，跨永定河，金明昌三年（1192年）建成。全桥十一孔，每孔跨距约16米，桥身长212米，连桥堍长265米，宽约8米。后世经元、明、清历代修理，但基本型式未变。芦沟桥位于金、元、明、清的都城近郊，为交通必由孔道，车马行人频繁；桥的结构坚密，尺度宏伟，早已闻名中外，成为北京近郊名胜。芦沟桥所采取的砌拱方法，不同于赵县安济桥的并列拱而是券石横向成列的横联拱，这种拱券的整体性显然比并列拱为好，荷载的传达分布更为均匀，没有向外分离崩裂的可能。由于各跨距离相近，各拱矢高约略相同，在拱背填平之后，桥面坡度平缓，可以行车。永定河河床宽阔而水浅，所以，主要考虑陆行交通而不考虑通航。



图7-3-13　苏州宝带桥



图7-3-14　浙江湖州哑叭石桥

苏州附近运河支流澹台河上所建的宝带桥（图 7 - 3 -13），全长317 米，为我国最长的连续拱桥之一。重建于南宋绍定五年(1232 年)，桥头现存石狮石塔，为南宋时物。明正统十年（1445年）大修。全桥共五十三孔，跨距除三孔外，均为4.6 米左右，故保证了桥面平坦。位于主航道上的三孔，中间一孔跨距7.45米，两旁各6.5 米。桥面至此有一段斜坡。在最大桥孔处，运河船只放下桅杆后均可通行，桥宽4.1 米。除了人行交通外，主要是纤道用；由于纤挽所需，桥两侧不设拦板。石拱券由一段纵向并列石条与一条（与桥宽等）横向石条（锁石）相间砌成；这是南宋以来江浙一带常见的砌拱方法，不仅用于石桥，也见于砌石拱门道。这种砌法，减少了石料整形修边的加工工作量，显然加工比较简易。还可以注意到，宝带桥的桥墩，大多做得相当单薄，对比起芦沟桥等桥墩的厚重刚实，应属于柔性墩之列。江南河道上的多孔拱桥，采用这类桥墩的很多（图 7 - 3 -14），它的好处是，可以减少阻水面积，节省石料用量。

江西境内，明清时期所建巨大石桥颇多。最为著名的如：

南城县万年桥，建于明清之际（1634—1647年），跨盱水，共二十三孔，长约350 米，为国内最长的连拱石桥。但屡经后世重修，已非原貌。

抚州市文昌桥，建成于明嘉靖三十八年(1559年)。跨汝水（抚河），长约200米，共十二孔。

分宜县万年桥，建成于明嘉靖三十七年(1558年)。跨袁水，长174 米，十一孔。砌拱用纵横石条相间的联锁砌法，与江浙一带常见方法相同。

单拱桥：这种单跨石拱桥，矢高很大，其用处有二：一是用于跨越内河航道，来往船只多，船的体积甚大的情况下；二是用于跨越山区涧谷，无法设置桥墩，并常有山洪，短期流量可以骤增几十倍以上，必须有足够的跨空截面宣泄山洪。这种拱桥桥面坡度往往很大，不利于行人通过，但为考虑上述的原因，不得已必须采取较大矢高和跨距。这种桥桥拱身很薄，形体非常轻巧优美，苏、浙、皖等省的山区河流常可看见（图 7 - 3 -15）。颐和园的玉带桥，就是受到南方影响而建造的。但是平静的水面上，建造坡度如此陡峻不便行人的桥，则主要出于观赏的要求，而非实用的目的。



图7-3-15　安徽黄山石拱桥

梁式石桥在各省均有建造。一般用于小河道(跨距不大)情况下。著名的绍兴八字桥（ 图 7 - 3 -16），建于南宋宝祐四年（1256 年）是一座梁式桥，其特点是引桥与桥身垂直，沿河岸延伸，不致截断沿河道路。类似八字桥的布置方式，浙江还有不少。梁式桥也有用于内河航道上，用成排的石柱式桥墩，逐跨提高，各梁相接，成为弧拱形。这一类桥，在技术上比较简单。

总起来看，宋代以后，石桥逐渐取代浮桥和木梁桥，成为桥的主流。梁式桥在福建有较大规

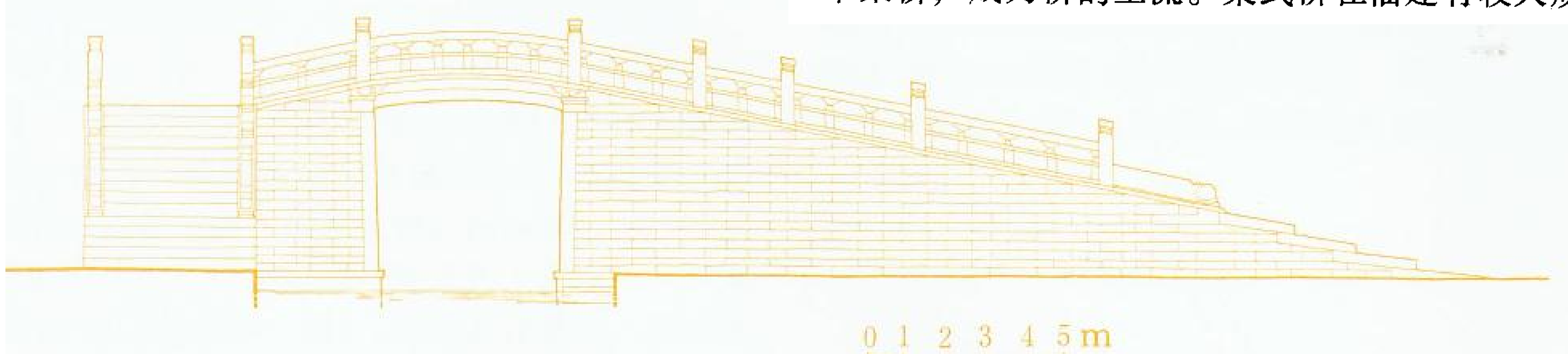


图7-3-16　浙江绍兴八士桥立面示意图

模发展，但更为普遍的，则是石拱桥。造石桥的技术经验不断丰富改进，桥型艺术处理高超，在十三世纪至十六世纪之间，确已达到当时世界上的先进水平。

第四节　石海塘

海塘和万里长城、大运河一起为我国古代的伟大工程。其规模之大、工程之艰巨、动员人员之多是十分惊人的。今天，浙江、上海两省市的海塘（图 7 - 4 - 1)[1]，依然发挥巨大作用，犹如“海上长城”挡住钱塘口杭州湾世界闻名的汹涌海潮，保卫着这沃野千里的三角洲和滨海平原。

历史上潮灾大约有四个方面：(1)侵蚀海岸冲塌陆地；(2)冲毁堤岸，漂没房舍，淹毙人畜；(3)海水涌入，土地盐渍，败坏庄稼；(4)淹没盐灶，影响盐产。在历史上潮灾十分严重，相当频繁，沿海各省的地方志有着大量记载。钱塘江潮十分壮观自古闻名（图 7 - 4 - 2 ），但危害也更大。每年 5 —10月台风季节，如大潮和台风方向一致时，风助潮威，潮灾就更加严重。

最早的海塘是沿海人民为保护农田发展生产修筑起的简陋海堤。这种原始海塘分布零星、规模小、抗潮性能很差。汉代以后，东南沿海地区经济开发，人口密集，修筑海塘保障经济发展开始被地方政府所重视，文献上出现关于修筑海塘



图7-4-1　江浙海塘略图

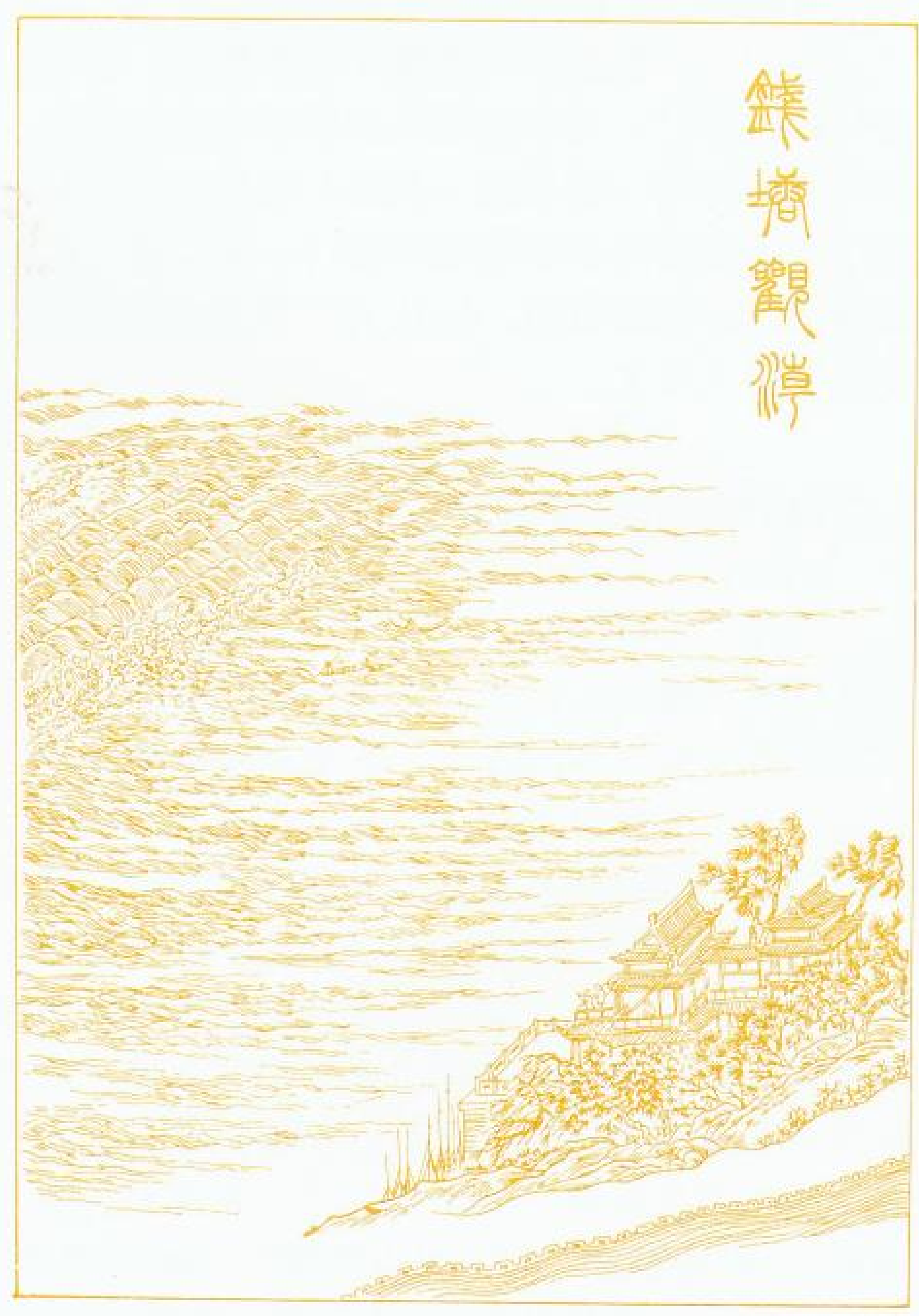


图7-4-2　钱塘观潮

1 ）普通所指江浙海塘，是北起上海的金山卫，南至浙江杭州的一段。我国古代沿海各省均筑有海塘。钱塘江口的江浙海塘最为宏伟壮观，技术水平最高，具有代表性。

的记载。最早的记载，见于《水经注·浙江水》注引《钱塘记》。我国较大规模的海塘远在汉代就已兴筑，至今有两千年历史。

《唐书·地理志》载："盐官有捍海塘，堤长二百二十四里，开元元年重筑"。但唐及以前的海塘究竟是土塘还是石塘，已不可考。然据海塘工程技术发展的一般规律推测，大概为土塘。宋《咸淳临安志》载五代钱镠筑海塘之前，土塘的建筑技术主要用"版筑法"；自钱镠以后，尽管不少地段的海塘在很长时期仍为土塘，但开始了石塘的发展历史。石塘建筑技术可以归纳为以下六个发展阶段。

(一)竹笼法

海潮昼夜冲击，来势凶猛，所以版筑土塘是无法成功的。进一步的办法是实石于竹笼，筑成海塘，临水处再打上高大木桩。浙江盛产竹，山石则到处都有，方便经济。《咸淳临安志》所说的"造竹笼，积巨石，楹以大木"，就是指这种方法。这种竹笼法早在公元前250年李冰筑都江堰时就用过，其后在河流水利工程中广泛采用过，但用于筑海塘，有据可考的以五代钱镠时为最早，故后代用此法修筑海塘均称"钱氏旧法"。《宋史·河渠志》载："发运史李溥、内供奉官卢守懃，请复用钱氏旧法，实石于竹笼，倚垒为岸，固以桩木，环亘可七里，斩材役工凡数万，踰年乃成"。可见到宋大中祥符七年（1014年）"钱氏旧法"还没有被新的筑塘技术所代替，竹笼法仍被采用。

(二)巨石砌成海塘

竹笼法虽有优点，但竹笼浸在水中，日久就要朽坏，不到二、三年必须修塘一次。长此以往，不仅耗钱耗工，而且也经常发生危险。

北宋时，屡次修筑钱塘江北岸海塘，起初还用"钱氏旧法"，后来发明纯用巨石砌成的海塘。1034—1037年（景祐元—四年）张夏作转运使，专门采石在杭州六和塔至庆春门一带修塘，这是钱塘江上最早的石塘。1041年（庆历元年）又筑石塘二千二百丈。

(三)石塘内侧实填黄土

单纯的石塘内侧的土堤不厚，因此也不牢固，钱塘江潮水量大，高差大，流速快，能量很大。在这样强大的海潮冲击下，大条石也会幌动的，时间一长，石塘就倾圮了，并且造成巨大潮灾。如果石塘内侧厚筑土堤，大条石依靠土堤，就不容易幌动，海塘也较安全。所以公元1041年以后，就出现内侧实填黄土堤的石塘。明丁宝臣的《石堤记》记载，北宋时筑的二千二百丈石塘，其中新筑的自御香亭下的二百丈，内侧厚筑黄土。"石坚土厚，相为胶固，杀上而广下，外强而内实"，因此，"形势遂安，可持而无恐矣"（《浙江通志》卷六十二）。《海盐县图经》也记载："宣德时海盐塘部分更筑。时以石堤内虚，始筑土，五丈实其里"。这种方法和好处，《盐邑志林》有过进一步的说明："石塘缕砌者用石，方丈尺余，长八尺或六尺，纵而磊之，取海潮冲撼不动，内厚筑黄土以衬之，高与之齐，厚必五倍之，若少工力，石可冲撼，潮必内浸，石塘有罅，土塘必坏，土塘内溃，石塘不能独存"。由此可见内侧厚筑黄土堤的石塘远比普通的石塘牢固得多（图7－4－3）。

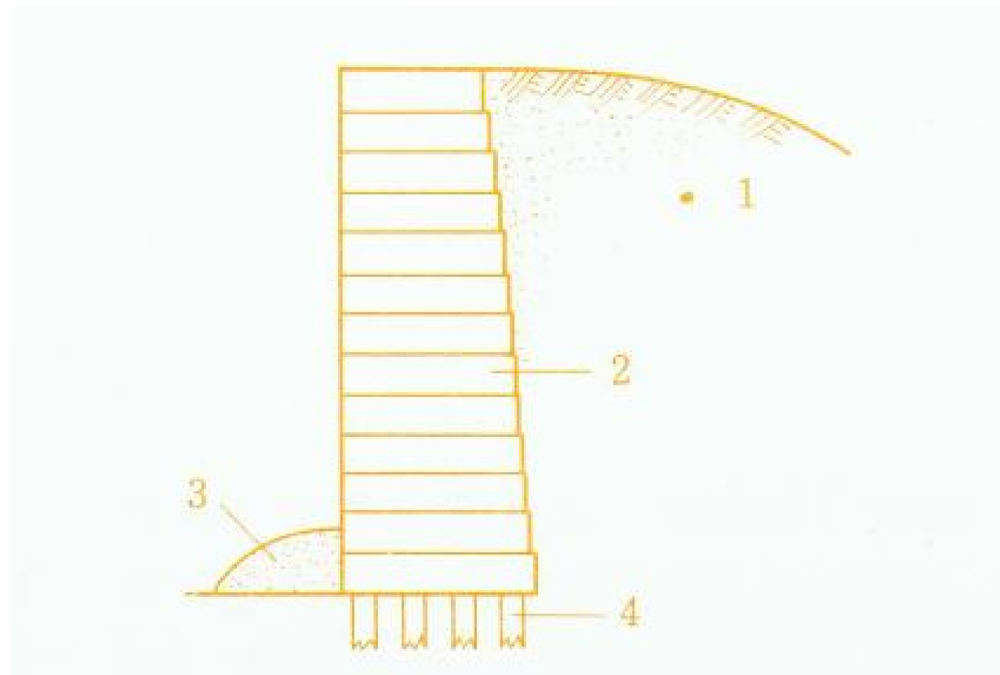


图7-4-3　内侧为实土的早期石塘示意图

1.土塘；2.条石；3.沙溙；4.木桩

(四)坡陀法

宋庆历七年至皇祐二年（1047—1050年）王安石任鄞县（现宁波市）知县。在领导修筑海塘时，对石塘有所改革：临潮面用坡陀形。前人筑石塘，临潮用垂直面；潮来势凶猛，正面冲击海塘，塘身往往支持不住，容易倾倒。坡陀法的采用是个进步（图7－4－4）。

如果设F为海潮的水平冲击力，那么，海塘临潮面是垂直形还是坡陀形，有不同的结果。在垂直形海塘，F就成为潮汐对海塘的正面冲击力。在坡陀形海塘，F在坡陀形塘面将分成F_1和F_2两部分力：F_2平行于塘面，对海塘没有冲击作用；F_1才是正面冲击力，但较F为小。

由于F_1和F_2垂直，则$F_1 = F\sin\alpha$（α为塘面的坡度角）。由此可以看出，海塘临潮面坡度越小，潮汐对海塘的正面冲击力量就越小，海塘越安全。

明初建都南京，对东南沿海比较重视，后来朱棣（明成祖）虽然迁都北京，然东南仍为漕粮供应中心，所以明代对于修筑海塘始终十分重视。明初对于海塘有五次规模较大的工程，但这些工程均没有采取坡陀法，建后往往不到四、五年，便被海潮冲垮了。多次的严重教训，使人们想起了坡陀法。所以在明中期以后修筑的海塘，均恢复了坡陀法。《海盐县图经》载：成化十三年（1477年）"改旧塘为坡陀形，筑成凡二千二百丈……塘

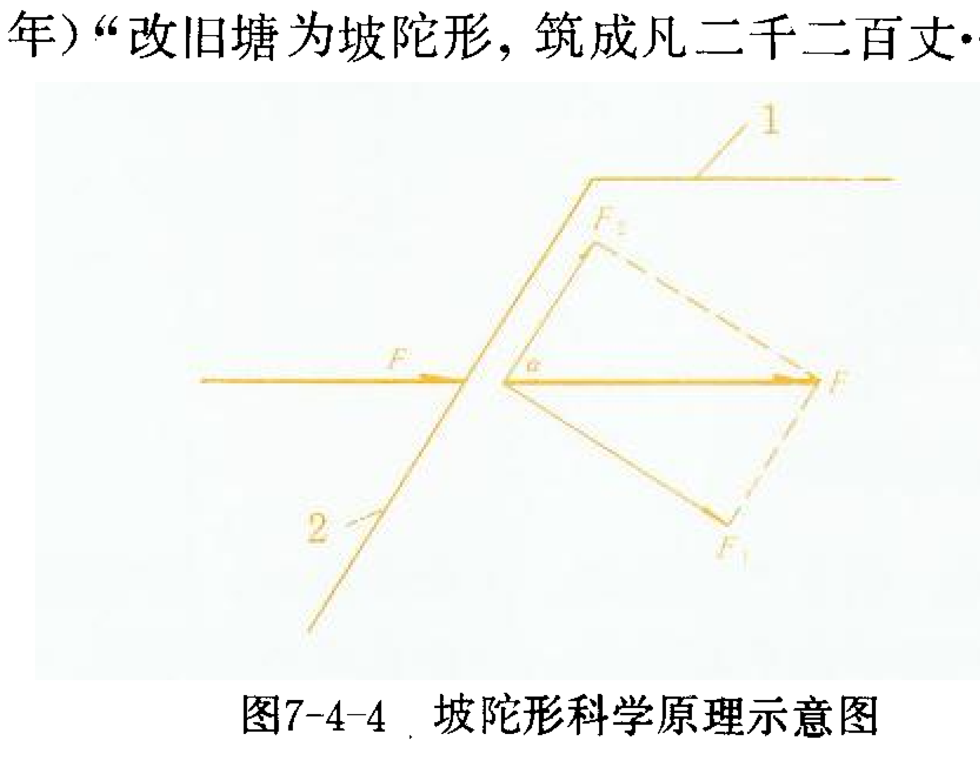


图7-4-4　坡陀形科学原理示意图

1.海塘面；2.海塘临水面

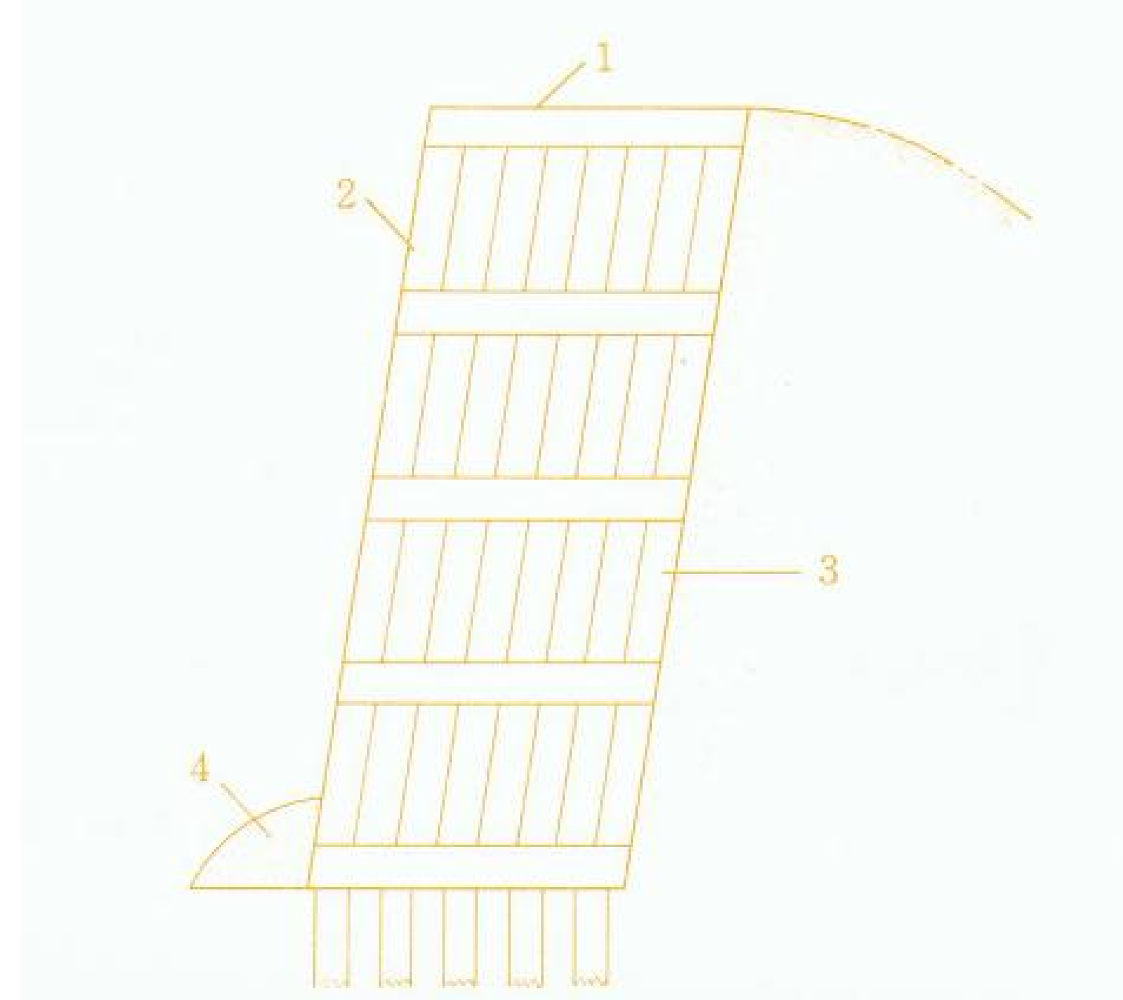


图7-4-5　竖砌坡陀塘示意图

1.纵条石；2.竖条石；3.土塘；4.沙涂

云坡陀者，竖石斜砌，磊碎石于内支之。……稍斜之，杀潮势，因石坡陀，其法仿宋王安石之鄞县塘"。尽管后来砌塘法有了改变，但自此潮面成坡陀形作为一个先进方法一直留传下来（图7－4－5）。

(五)纵横交错法

上述方法建造的海塘十多年后又圮倒了。因为这种海塘有两个缺点：（1）竖石斜砌，重心在外，时间一长容易产生水平滑动。（2）石塘里面用的是碎石，时间一长支持不住石塘的水平方向压力。

经过总结，把竖石斜砌改为叠砌法，而临水面仍斜坡向下成坡陀形。《海盐县图经》载：弘治元年（1488年）"仍叠石如旧法，而略仿坡陀意，内横外纵，以渐减缩令斜，用杀潮势"。再进一步是在叠砌法的基础上，发展为纵横交错法，使塘身更加巩固。《海盐县图经》又载：弘治十二年（1499年）"砥方面，纵横交错为之，其法有一纵一横，二纵二横者，下阔上缩，内齐而外坡，形势隆固屹立，潮冲不坏。"这里讲的外纵内横，就是作丁字形，下阔上缩，使石塘内齐而外坡，内齐不致倾压，外坡可杀潮势。纵横交错法是明代海塘建筑技术上一大革新。1522年（明嘉靖元年）特大潮灾中，其余海塘都经受不起考验，先后崩溃了，只有采用纵横交错法筑的海塘保存下来，因此有"样塘"之称。

明朝的纵横交错筑塘法，要算黄光升用得最好。他做过水利佥事明嘉靖二十一年（1544年）在海盐县筑过海塘。黄光升写有《筑塘说》，详细介绍这种先进筑塘法："余筑海塘，悉塘利病也。……余修必内与外无异面。先去沙涂之浮者四尺许，见实土乃入桩，入之必与土平。仍榜筑焉令实，乃置石为层者，（第一层及第二层），是二层者，必纵横各五，令广拥以土，使沙涂出于土令深，皆以奠塘址也。层之三若四，则纵五之，横四之。层之五若六，纵四之，横五之。层之七若八，纵横并四之。层之九与十，纵三之，横五之，层十一、十二，纵横又并三之。层十三、十四，纵三之，横二之。层十五，纵二横三。层十

六，纵横并二。层十七，纵二横一。层十八，是为塘面，以一纵二横终焉。石之长以六尺，广厚以二尺，琢之方，砥之平，俾紧贴也。层表里必互纵横作丁字形，弥直罅之水也；层相架必跨缝而置，作品字形，以自相制，使无解散也；层必渐缩而上作阶级形，使顺潮势，无壁立之危也。如是又坚筑内土培之，若肉之附骨，然后可免塌溃矣”（《浙江通志》卷六十三）。

根据黄光升的这段话，可画出海塘建筑结构示意图（图 7－4－6）[3]。

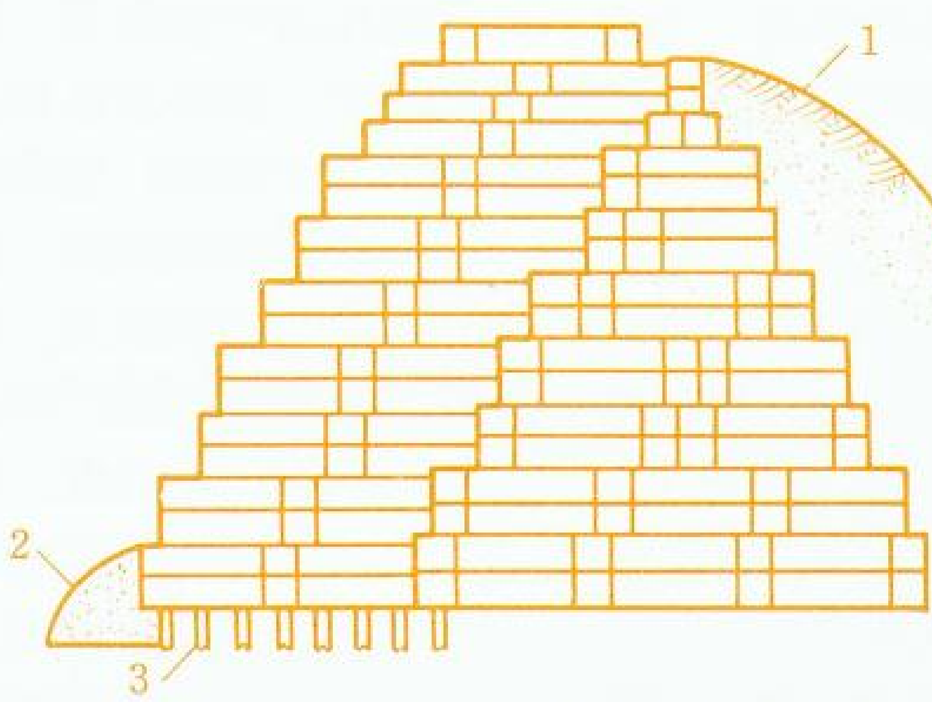


图7-4-6　黄光升五纵五横鱼鳞石塘示意图

1.土塘；2.沙涂；3.木桩

(六)接缝的胶结

到清代，在海塘条石交接之处，凿成槽榫，嵌合联贯，使其互相牵制，难以动摇，合缝处，用油灰抿灌，铁锔嵌扣，以免渗漏散裂。接缝处也有灌以糯米浆的。临水面也有用桐油麻绒仿照艌船法加工艌缝，自然更加坚固，但费用也比较大。

以上六项是海塘主体工程——大塘的技术发展阶段。这种阶段基本上以新技术的产生时间来划分，其实新技术的推广则远远晚得多。并且，海塘各段的发展也是不平衡的，例如 1034—1037 年宋代已经发明了纯用巨石砌成海塘的办法，但一直到明朝末年（1628 年）修筑海盐塘时仍用“石囤木桩”之法。又如北宋于 1047—1050 年发明坡陀法，但在明朝初 1307—1489 年五次规模较大的海塘工程均没有采用坡陀法。由此可见，海塘技术的发展经历了曲折反复的过程。但是，不管如何曲折，海塘技术的总趋势是前进的。这是因为在强大的钱塘江潮的冲击下，海塘经历了严峻的考验；落后的筑塘技术终被淘汰，先进的技术则被肯定而保留。实践证明：石塘远比土塘牢固得多；纯用巨石砌塘最为牢固；“坡陀形”、“叠砌法”是先进技术，而两者结合产生的“纵横交错法”最为坚固持久。纵横交错法的“样塘”和黄光升的《筑塘说》正是对长期发展的古代筑塘技术的总结。在这之后，筑塘技术仍有所前进，海塘工程更趋完善，但基本上没有离开用巨条石的纵横交错法（图 7－4－7）。

筑塘技术到明朝已基本定型，清朝则进一步完善。清朝政府为了确保东南农业生产，保障东南的财赋收入，也为了收买汉族人心以巩固自身统治地位，所以康熙、雍正、乾隆三朝均投入巨

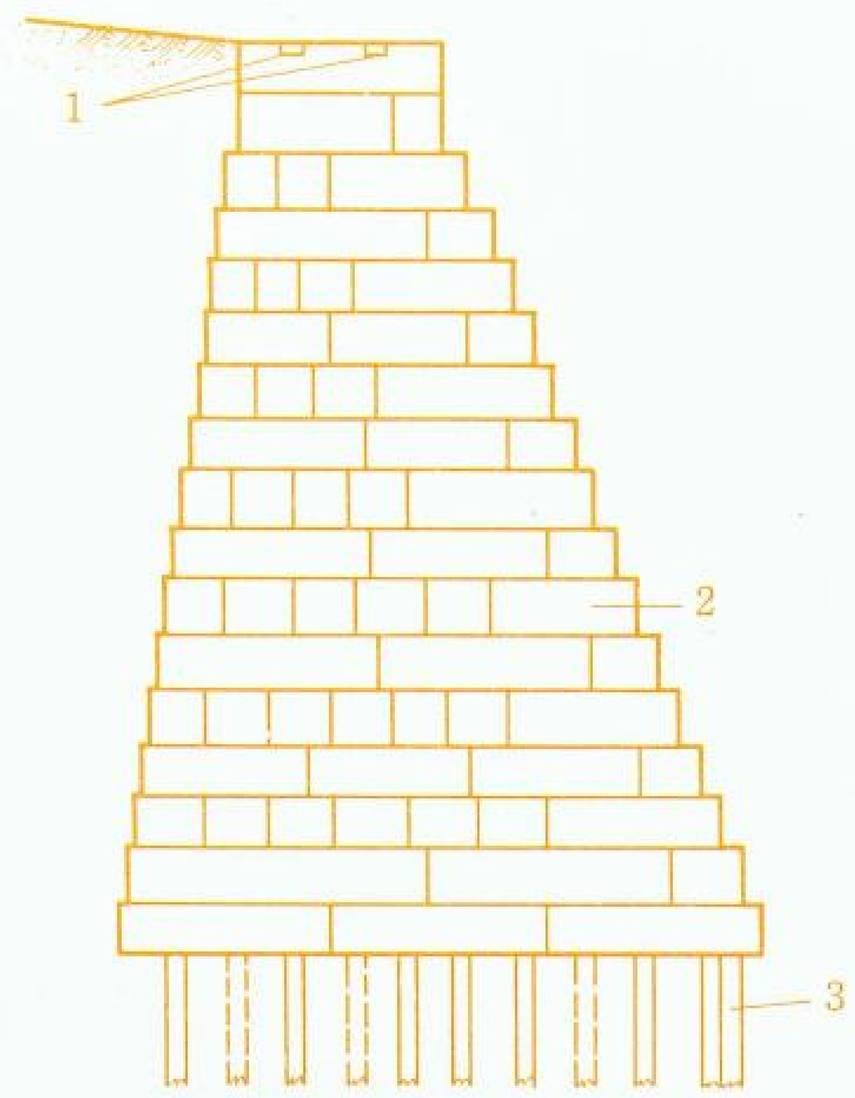


图7-4-7　海宁鱼鳞石塘示意图（1781—1911 年建）

1.生铁锭；2.条石；3.木桩

大的人力物力来筑塘，从康熙三年至乾隆四十九年（1664—1784年）的一百二十年间动员人数在万人以上，筑塘在千丈以上的工程有过十五次，从根本上翻修了从金山卫到杭州的三百多里长的海塘。钱塘江海塘工程，向无专管机关。明嘉靖年间虽建立常备塘夫，但不久就废去。清雍正八年（1730 年）乃设置武员塘工，归杭嘉湖海防同知管辖，分汛防宋；自此，有了海塘管理和修治的专门机关。

筑塘经过成功和失败，积累了经验和教训，到了十八世纪，不仅海塘已初具规模，在技术上也比较完善，逐步规范化。清代陈讦的《修海塘议》正是完成这个任务。海塘建筑的技术总结可以归纳成以下九个方面。

（1）取材：必用巨大条石纵横鳞叠，不可头大头小。

（2）土塘：在石塘之内复帮以土塘。

（3）叠砌：内部不用碎石块垫衬，必须内外表里都用一式整块大石。

（4）程式：每一层必方方齐齐，面面相向。

（5）验工：不于已砌之后，而于始砌之时，先予验视。

（6）层叠：必须头头向外，以撄潮之冲吸，而复制之以纵横之法，联之以品字之形。

（7）打桩：顶石之桩，必长必多，必掘深生土二尺，而后钉入。塘外亦排置木柜，以䕶其桩，不使桩根显露在外。

（8）坡陀法与叠砌法：二者结合采用坡陀形的叠砌法。

（9）备塘河。

这些经验，迄今仍然为我们重视汲取，以捍拒狂澜，保护沿海农田和生命财产。

第五节　木构建筑的石构件

我国古代以木结构为主体的房屋建筑，在房身下部的台基和外围墙垣工程，通常都用土夯筑或砖垒砌而成，在这部分砖砌体的边缘棱角，腰线挑檐或基底衬脚，使用一部分石材予以包镶加固，或用为支承挑托，有利于加强砖工的构造强度，同时也使得建筑物在外观上更加严整美观。北京明清故宫三大殿的白石基台，层叠三重，通高 8 米，广 25,000 多平方米，石栏多达二千九百余件，雕工精致，是明清石作的优秀作品（图 7－5－1）。建筑石工不仅用在房屋本身的各种石件，群体组合庭院的地面，周围的雨水排泄沟道，附属于建筑物室外陈设的底座，而且幡杆座、夹杆石、灯座、水井石栏之类，也经常使用石材制作。大多是宫殿建筑作为美化环境观瞻的一些设施，不是一般建筑所能应用。

石材在建筑材料中，具有抗压、耐腐蚀、不易磨损变质的特点，古代劳动人民很早就掌握了石材这种优点，应用在各种石作上，形成为建筑工程一种专业技术。如上文所述各种石构石例，反映了不同历史时期的成就。《营造法式》石作制度，就是吸取了前人优秀传统经验的总结，对于后世的石工制作起了规范的作用。元大都宫殿石工精巧冠于当代，以著名的石工杨琼为代表的曲阳石工，名工辈出，自元明以来，即在北方享有盛誉。北京故宫钦安殿白石须弥座，武英殿东侧石桥勾栏，图案优美，雕功精致（图 7－5－2），犹然保持宋元官工风格，相传即出于西路名师之手（永乐初修北京宫殿，征自曲阳、山西一带的石工）。保和殿后阶当中的大石雕（御路石）长 16.57 米，宽 3.07 米，厚 1.7 米，重达二百五十余吨，为明代雕刻经清乾隆年间翻新，是故宫最大的石雕件。明代官殿大工，石材追求体大质美，先在曲阳设置山场，后迁至易州大石窝，沿山村庄开挖石塘数十处，专采青白石、旱白玉石、水白玉石（石塘深处水坑所出为水白玉），供应宫殿工程。明清时代衔接，官工营造一脉相承，见于清工部《工程做法》和清代各种石作做法抄册的，大都渊源明代匠作传行规矩，为今天研究明清石工技术发展史实提供了有利条件。结合留存的实物相互印证，足以明其梗概。本节以明清官工做法为主，系统地就设计、施工方面分别简述如下。

一　建筑石构件的应用与设计

明清建筑石工制作，通称为石活，分件细目多达数十余种。房屋建筑（包括门座）的台基和外围墙垣工程使用的石制名件，在石工中占着很大的比重。台基在外观形制上大体分为两种。普遍做法多采用方整的平台形式，有正方、正圆、正六角、八角或其它形式，经常所见以长方形最为普遍。宫殿大座则多采用须弥座做法，属于高级的体制。一般在台上都安有石勾栏，细石雕镌也多集中表现在这类石工上。台基高广，是根据房屋间架结构平面布置方式、檐柱高度、出檐深浅程度几个方面的因素而决定的。外观形制不论是方整的平台做法，还是须弥座做法，露在地表以上的“台明”，高度按设计规定以 15—20％ 檐柱高为标准。自檐柱中外延至台基边缘的台明宽



图7-5-1　（1）北京故宫三大殿石基座正面

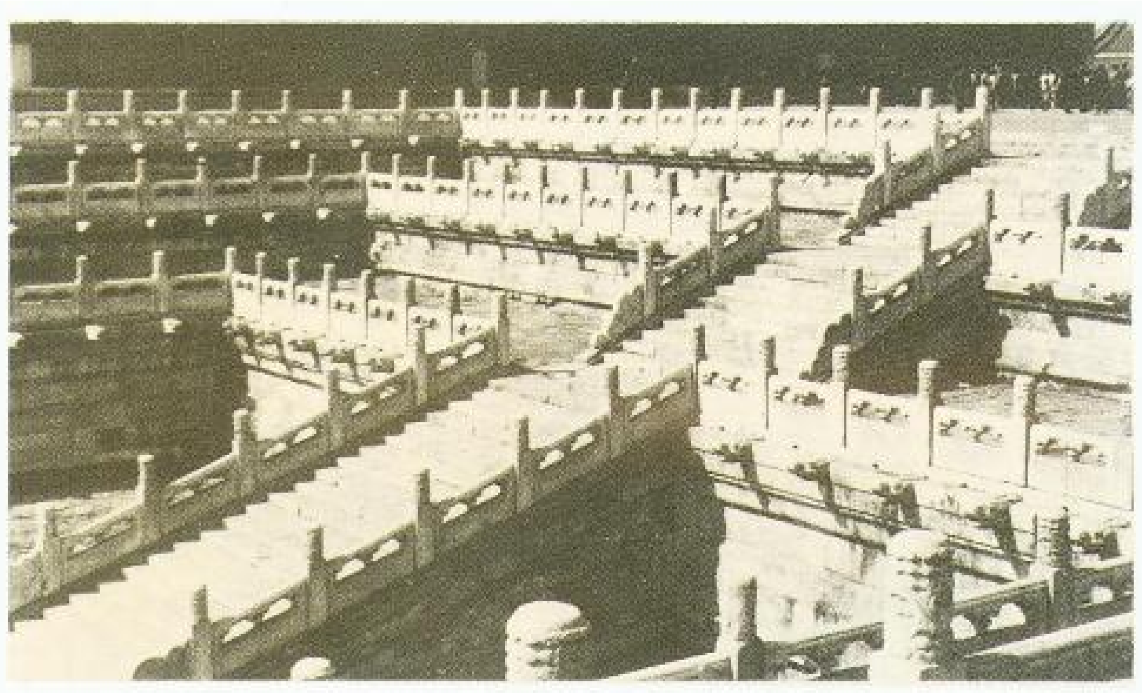


图7-5-1　（2）北京故宫三大殿石基座侧面



图7-5-2　北京故宫钦安殿石栏杆

度，也叫“下檐出”，按上檐平出长80%定宽（上檐平出按1/3或30%檐柱高定分），换言之，就是要求台基外边缘必须比檐头滴水线缩进20%。这样可以避免檐头滴水溅落台明（台明上面也有泛水，以防积水）。台基埋置深度叫“埋深”，一般按台明高的一半定分。台明与埋深合计即是台基通高。庑殿歇山房周围均有出檐，台明也四围交圈，宽度一致；硬山房座仅前后出檐，在两山山墙分位的台明宽度（包括后檐封护檐做法），定分方法则须按照山出尺寸，即由山柱中外延1.5山柱径定两山台明宽度。以上是关于台基高广尺度总的设计准则。石活用在台基工程，主要是在台明四围和室内外地面以上当门口装修及柱木下脚部位。台明四围采用砖石混合构造，瓦作称为包砌台明工程（俗称包砌台帮），实际就是用砖石将台基四围圈成一道档土墙的形式。把台明以内全部柱木下面的砖磉墩、磉墩之间的掐档拦土墙以及余留空档的夯筑垫层统统包围在内，形成房身下面的一座整体的平座，就是台基。台基四围迎面除镶边抱角各种石件分位以外，一般在外表面使用细砖乾摆（或糙砌）做法；如使用陡板石镶砌的，即叫做满装石座；外围采用石须弥座做法的，也可以说是满装石座的另一种形式。无论那种做法，背后部分一律使用糙砌衬里。

（一）普通台基与墙身安装的石构件

一般建筑的台基工程与外围墙垣上应用的石件，按部位分：台基所用有柱顶石、槛垫石、分心石、阶条石、陡板石、埋头角柱石、土衬石；石踏跺所用有踏跺石、砚窝石、如意石、垂带石、象眼石；墙身所用有墀头角柱石、压砖板、腰线石、挑檐石等，细目总约二十余种。

檐金柱木下面的柱顶石，即柱础，稳放柱位砖磉墩之上，是柱下基础重要的组成部分，是承重构件，和台明各种石件在性质上有所不同。古代匠师很早就在建筑上施用石制的石础了，古代也叫石承，石碇。从规格设计、制作各方面总结出一套经验。因为它处在间架结构的关键部位，上顶露出地面部分，历来雕镌也最精致（图7-5-3）。明清官工因承前代遗制，也订有一套具体的制作规矩。柱础定分，统以檐柱石础为基准，要求柱础见方尺寸必须保持两倍于檐柱直径的大小。自外而内，金柱、里围金柱或中柱所用，随房屋进深步架分缝，每入深一步，按各步柱径递增分数（每加一步，柱径递增二寸为法）加倍定分，如同檐柱方法（础下砖磉也照此法递增）。这样，全部柱位的底脚自檐缝到脊缝逐步放大，使柱木集重通过柱基均匀分布于槽底“满堂红”夯土垫层之上，保持了大木间架结构整体的稳定。石材质地密实，透水性差，对于柱脚防潮也有裨益。古代匠师很早就掌握这种经验，一直沿用以石为础的做法。宋代另有柱下木櫍做法，到明清时代北方已不施用了。石础厚度一般要求按一柱径定分，上顶部分自厚80%以上处做成圆鼓径形，自下而上逐渐收成凹圆，与柱径圆形相应，四周留出二寸“金边”，便于柱木安装时留有挪动余地。方柱顶上面鼓径则随方就方。一般房座也有不做鼓径的平柱顶做法。每一房座所用的全部石础，不论大小，鼓径部分高低一律取齐，处于同一水平面，保持柱脚平整一致。

台明周缘、边角、镶面、衬脚所用各种石件及石踏跺各种分件（图7-5-4）：

这种石件，主要是基于实用的目的兼顾到整体建筑的观瞻，与柱顶石性质不同，一般并不荷载。石件断面规格多采取扁方形的条石，宽高比例一般保持在1 ：0.4范围，随使用部位，或平放，或斜放，或贴面、抱角。例如，前后檐阶条石定宽方法，即以下檐出为根据，除去半个柱顶石宽度即为阶条净宽，一般房座用的宽度在一尺六七寸左右，厚六寸四五分[1]。大式房座用的，长度要求合间安装，如“三间五安”，“五间七安”，即从前檐迎面，每间的阶条，必须按每间左右檐柱中至中的间距为准而定其长，至梢间角柱中以外，随角拐角，转到两山角柱中线为止，要求做成整块的曲尺形的“好头石”（即角石），与两山的阶条相接。阶条石也叫压面石，平放在台明周围边缘，长短按檐柱中线分缝，取其外观整齐一致，防备年久柱基、台帮或有沉陷、走闪，便于拆卸归拢，两方面互不影响。台基四角安装埋头角柱石，也简称埋头，见方尺寸随压面石宽度，是用以支承好头石的支柱。台基周围迎面砌砖的，埋头用整块石料做，叫混沌埋头；迎面通用石陡板镶砌的，分两块做，迎面一块宽同压面石，两山面的拼缝凑宽。周围镶砌陡板石的“满装石座”，限于宫殿大座使用，石的厚度和压面一样，宽窄可以适当调配。沿着陡板石及角柱下脚，安装土衬石一圈，里皮与陡板取齐，外面露出二寸金边。土衬石即台帮砖石的基础。

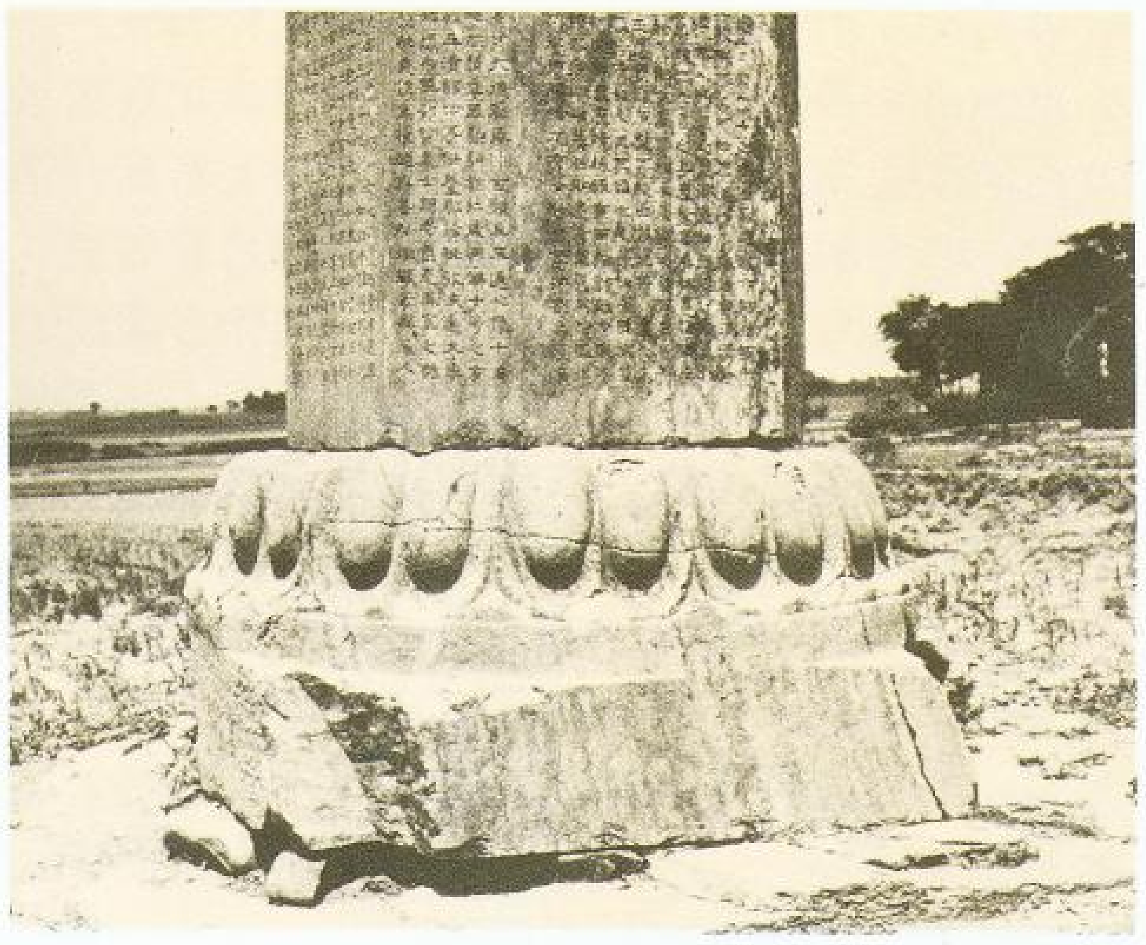


图7-5-3 （1）河北定兴北齐石柱柱础

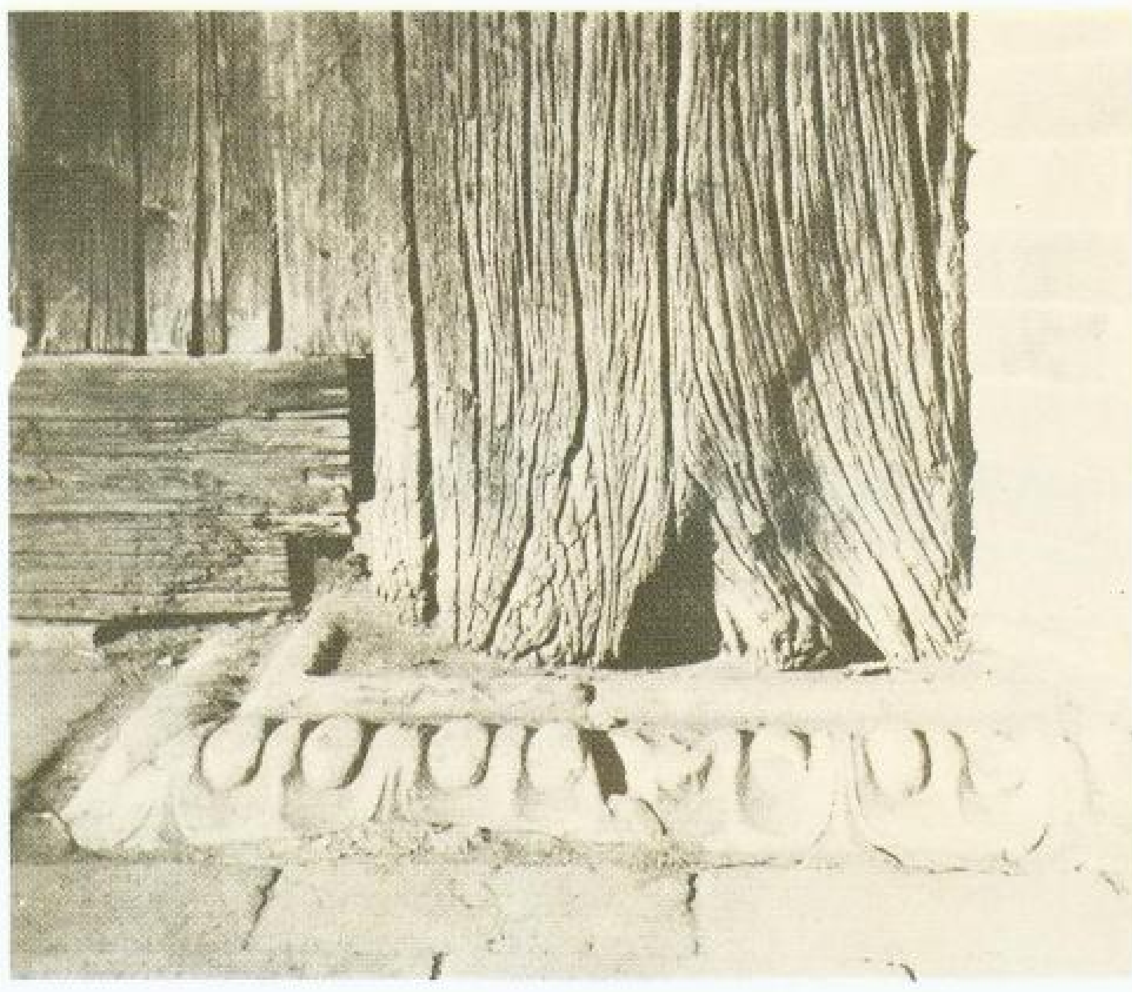


图7-5-3 （2）河北行唐封崇寺大殿方形柱础

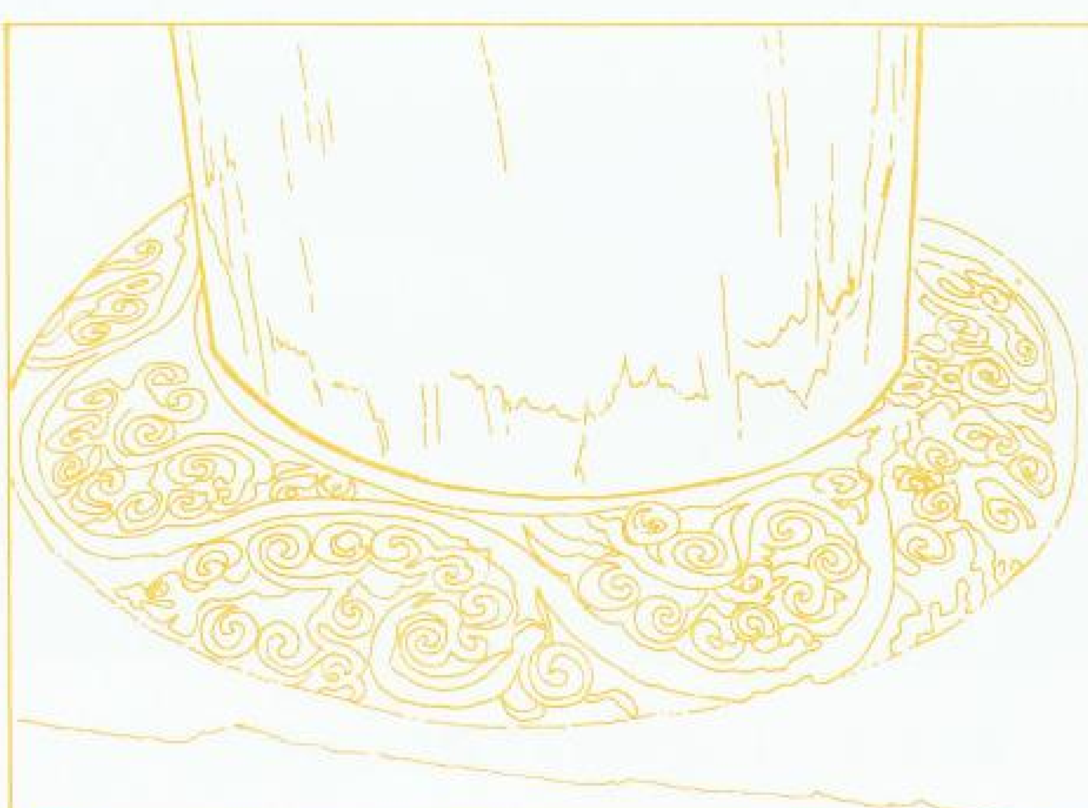


图7-5-3 （3）辽宁义县奉国寺大雄宝殿柱础



图7-5-3 （4）浙江东阳县卢宅大厅前柱础

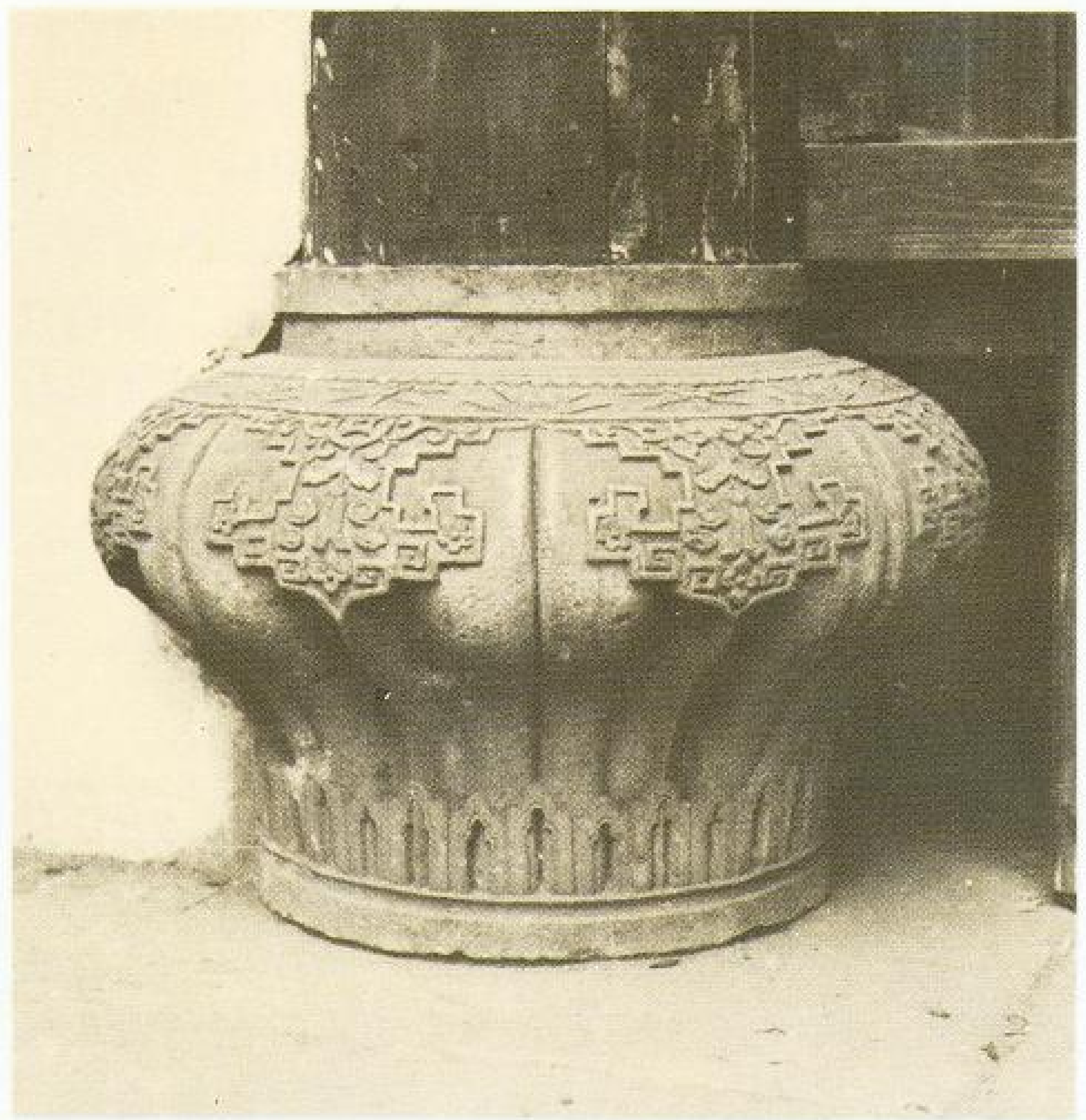


图7-5-3 （5）上海浙宁会馆柱础

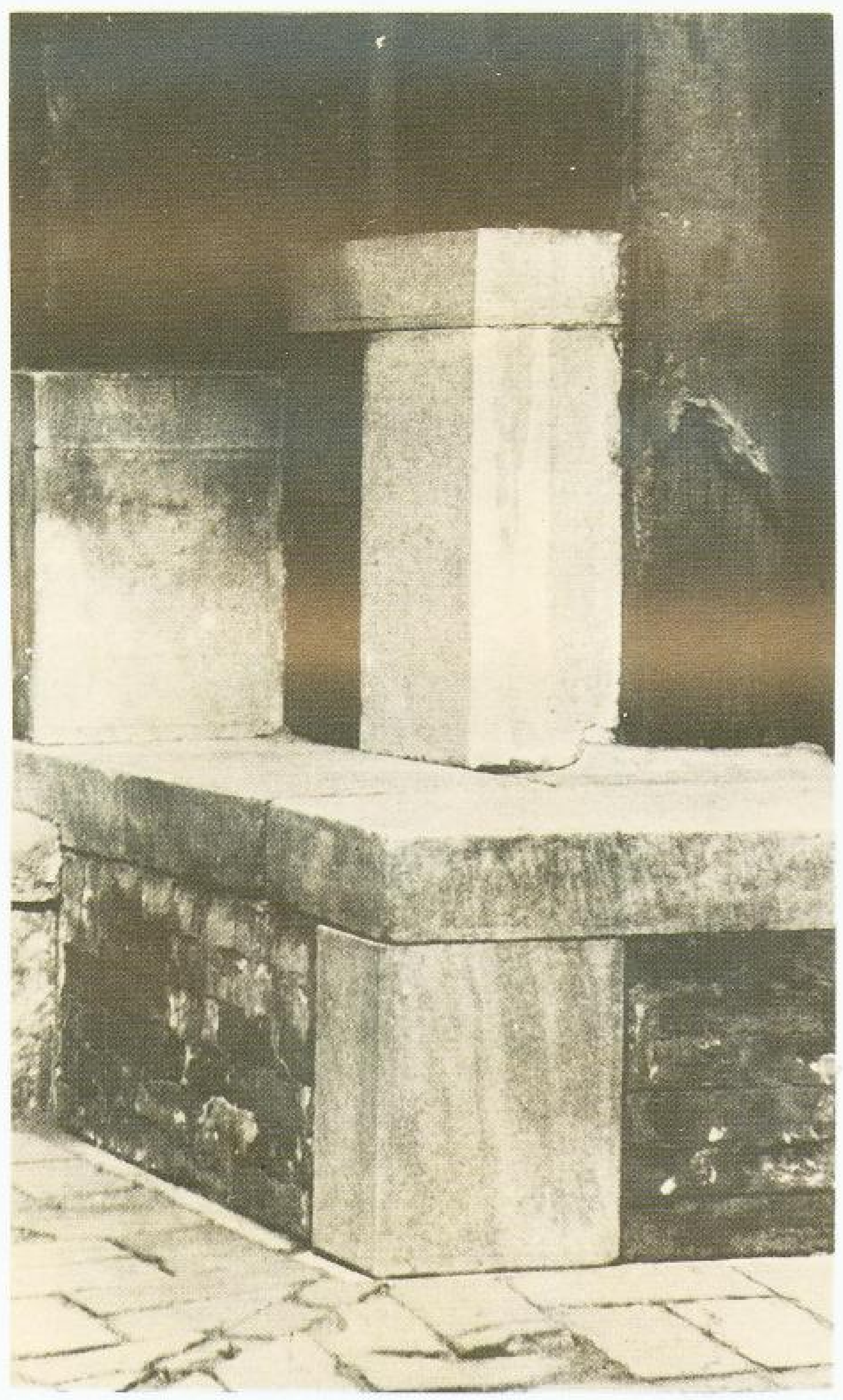


图7-5-4 北京故宫台基与山墙石构件

房屋墙垣使用石件，主要是硬山墙当前后檐两端墀头腿子安装的角柱石，下肩与墙身衔接部分的压砖板，腰线石和檐头（墀头）出挑的挑檐石四种，这种石制分件，除腰线石断面近乎正方形，其余三种都是随山墙身、腿砌砖厚度镶安的扁平条石。角柱石维护墙角砖不致被撞坏。两山墀头、搏风都是用砖逐层向外探出的，下层枭混砖改用长条石材雕作，随檐步进深插入砖墙以内，比用砖砌的更加坚固。压砖板外端压在角柱石上，后身砌在砖墙内，使角柱更加牢固；随前后压砖板之间安装的一道腰线石，对于墙身表面抹灰层可以起有隔潮防碱的作用。民间房舍常有使用芦苇或薄木板条的；宫殿利用石材，从质量方面说是高一级的做法。

（二）石须弥座

须弥座做法，和一般台基工程的设计基本一致，即依据房屋的檐柱高度和出檐深浅按一定比例而定的。其间明显不同之处是，须弥座迎面是分层叠造的，自地平圭脚（龟脚）以上，当座身之中束腰一层，上下各叠为上、下枭混，上、下枋子各一层，通身合计分六层组成。以上、下枋外口之间的连线为准，上、下枭混各层，逐层分别向内收分，至当中束腰为止，各有规定分数。这种形制与宋代《营造法式》的砖须弥座，砖石叠涩座（明清叠涩做法已罕见）制度有密切的渊源关系。明清宫殿实例所见，多限在主体大座或亭台楼阁之类，随殿身的台基有安石栏，有不安石栏的，月台、露台须弥座一般都安装石栏。座身束腰和圭脚部分局部雕做花饰，其余各件一般采用素平做法。栏板柱头、阶级、御路等石，则往往饰以华美的雕刻，与朴素的基座形成鲜明的对比。明代石工技巧在这方面具有突出的表现力（图 7－5－5）。

须弥座通身高度，按官式做法《营造算例》规定，随房身安装的即按台基露明高度尺寸，各分层高度则按台明高分为51份，按一定比例分数分配到各层，自下而上，其中：

1.圭脚高　10份；
2.下枋高　8份；
3.下枭高　6份，带皮条线高1份，共7份；
4.束腰高　8份，带上下皮条线各高1份，共10份；
5.上枭高　6份，带皮条线高1份，共7份；
6.上枋高　9份。

上下层高之间相差不过1～2份，层次线条基本保持匀称，使得立面看起来很稳重。这种比例关系是作为一种基本规则提出来的，实际上，为了避免由于具体尺寸的畸零尾数过多，难以划一，造成加工困难，仍然可以适当调整。尽管台座有高有低，层次划分大体不出三种尺寸：圭脚与束腰必须同高；上下枋基本保持同高；上、下



图7-5-5 北京故宫雨华阁须弥座

枭厚薄一致。首先以圭脚作为定分基准；枋子、枭混递次减薄；上枋压在台面，为了视觉关系，又比下枋略微加厚，看起来才更安稳。须弥座和一般台基性质一样，也是包砌台明或月台用的挡土墙，各层石件都是分件安装的，背后砌砖填土。石件本身宽度也有规定分数，上枋是作为压面用的，一般要求按1.1圭脚宽定分，随房身安的还必须根据台明宽窄核计,里口与柱顶石外边取齐。月台露台须弥座用的上枋同圭脚宽。其余各件则比照圭脚厚度为标准，均按2.25圭脚厚定宽。各层收分分数，以上、下枋为准，束腰比枋子收进分数按枭混连皮条线高度5/7，圭脚比枋子出唇子一寸，自枋子边缘退进一皮线宽至束腰皮条线外口止，即为枭混凸凹曲线起讫分位。另外，须弥座下面处于地皮以下埋深部位，也安有土衬石，宽厚同圭脚，作为石座的垫脚。

(三)石踏跺

也叫石陛、石阶级、石台阶，是用为登降台基的主要走道。宫殿建筑有几种处理方法：从体制做法上分,与正阶并列的两侧阶称为垂手踏跺；还有三阶并排的连三做法；两山单阶做法的称为抄手踏跺。另外一种用趄砖露龈砌成斜道的，称为礓䃰（宋式称"慢道"），也有单阶或连三做法，主要随房屋间数安砌一间或三间台阶而分。这种台阶在构造上也都是表面用石，背底砌砖的砖石混合造。随普通台基做法的石踏跺，分件包括踏跺石（按上下位置也叫中级石、下级石）、砚窝石、象眼石、垂带石、如意石、平头土衬石等。踏跺石按大、小式做法，断面宽高分两种尺寸：大式的宽度以1—1.5尺为度，高0.3—0.4尺；小式的以宽0.85—1尺，高0.4—0.5尺为度。平头土衬石，垂带石宽厚同踏跺石。砚窝石（平地一步）、如意石（台阶前面平地铺的）比踏跺石宽厚各增加0.2尺。象眼石是台阶两侧面三角形的陡板。这种台阶是普通台基工程上安装的，通身宽度随房屋迎面间数，或仅明间安装，或明次间并列三阶。小式房座则仅明间当门口处安阶。



图7-5-6　河北遵化定东陵隆恩殿石阶级和御路石

须弥座做法，宫殿大座本身的台基在前后檐安踏跺，多采取三阶并列的形式；或用连三做法，中间用垂带石隔为三段。月台两侧安单阶，正门带月台做法相仿。台阶通身长度（直长称为进深）一般采取台基明高的两倍（1：2坡度），根据台阶斜势匀分阶级步数。须弥座安装的阶级要求坡势缓慢，当中正阶采取1：2.7的坡度。一般门道内外的礓䃰多按1：3坡度，便于车马轿舆上下（图7-5-6）。

(四)石栏干（勾栏）

明清石作栏干分件包括：栏板、柱子、抱鼓石、地栿四种名目；大都用在石须弥座做法，普通台阶比较少见。石工雕镌集中表现在栏板和柱头之上，属于高级体制做法。因而在规格质量、图案设计方面，常是和须弥座一样要求使用优质材料精工细做；而且在图案题材的选择上也有一定的限制，如，龙凤花纹限于宫殿主座，次要殿座就不许使用。雕镌工力也有精粗之分，从故宫的实际例子这种情况是很明显的。勾栏望柱下面



图7-5-7　北京天坛祈年殿须弥座螭首

的龙头（螭首）（图7-5-7），踏跺正中的御路石，也是细石工雕镌的重要石件，都属于带勾栏的须弥座做法应有的内容。这类石件有一定规矩。地栿平放在须弥座周围边缘之上（如踏跺即随斜势安在两侧垂带石上），栿上安栏板、抱鼓、望柱。这四种分件的定分方法，均以望柱高度为准。望柱明高（下榫长另计）规定按台明高度19/20分定分（0.95台明高），而台明高度是根据檐柱高度而定的，一般在20—15%柱高范围。柱高按70斗口计，台明高即在14—10.5斗口之间。一般宫殿斗口材分多采用三寸口分（七等材），换算成具体尺寸，檐柱高度应为70×0.3尺＝21尺，台明高度即为14×0.3尺＝4.2尺或10.5×0.3尺＝3.15尺。这里说的望柱明高是按最大限度而言，高度不足4尺时，台明高保持为1/5檐柱高。栏板明高按望柱明高5/9（约合2.2尺）定高。这种处理方法，是符合使用要求的，与建筑整体立面的权衡比例也比较调和。

二　石构件的安装技术

明清官式建筑选用石材，以旱白玉、青白石、青砂石和豆渣石四种最为普遍。这几种石料产在北京西山一带和京东盘山附近。明初修北京宫殿使用的旱白玉、青白石大都是从易州大石窝开采来的，其中的水白玉石和艾叶青石，尤其名贵。这种石材质地坚实，色气匀净，常用作宫殿阶石或须弥座，石栏干的石雕列为上等石材。一般房舍阶石之类多使用青砂石制作；豆渣石质地差，不适于雕刻，多用在河道泊岸，街道铺石。根据石材质地的精粗分别考虑用场。加工方法也随之也有所不同。从制作到安装，大体分为：做细、做粗、占斧、扁光、对缝安砌、摆棍子叫号、拽运抬石、灌浆等八道工序，前四项属于加工预制，以下是安装和现场搬运方面的。

(一)石件的加榫

石活安装，分件本身有的做榫卯，有的落槽或采梗。一般平放的石件，对缝安砌，头缝不做榫卯；立装的上、下头必须加榫头，以便与压面衬脚的石件加强连接，防止走闪错位，和木构件的连接方法基本相似。在设计时，必须把应加出榫的长度一并考虑进去（图7-5-8）。石件出榫

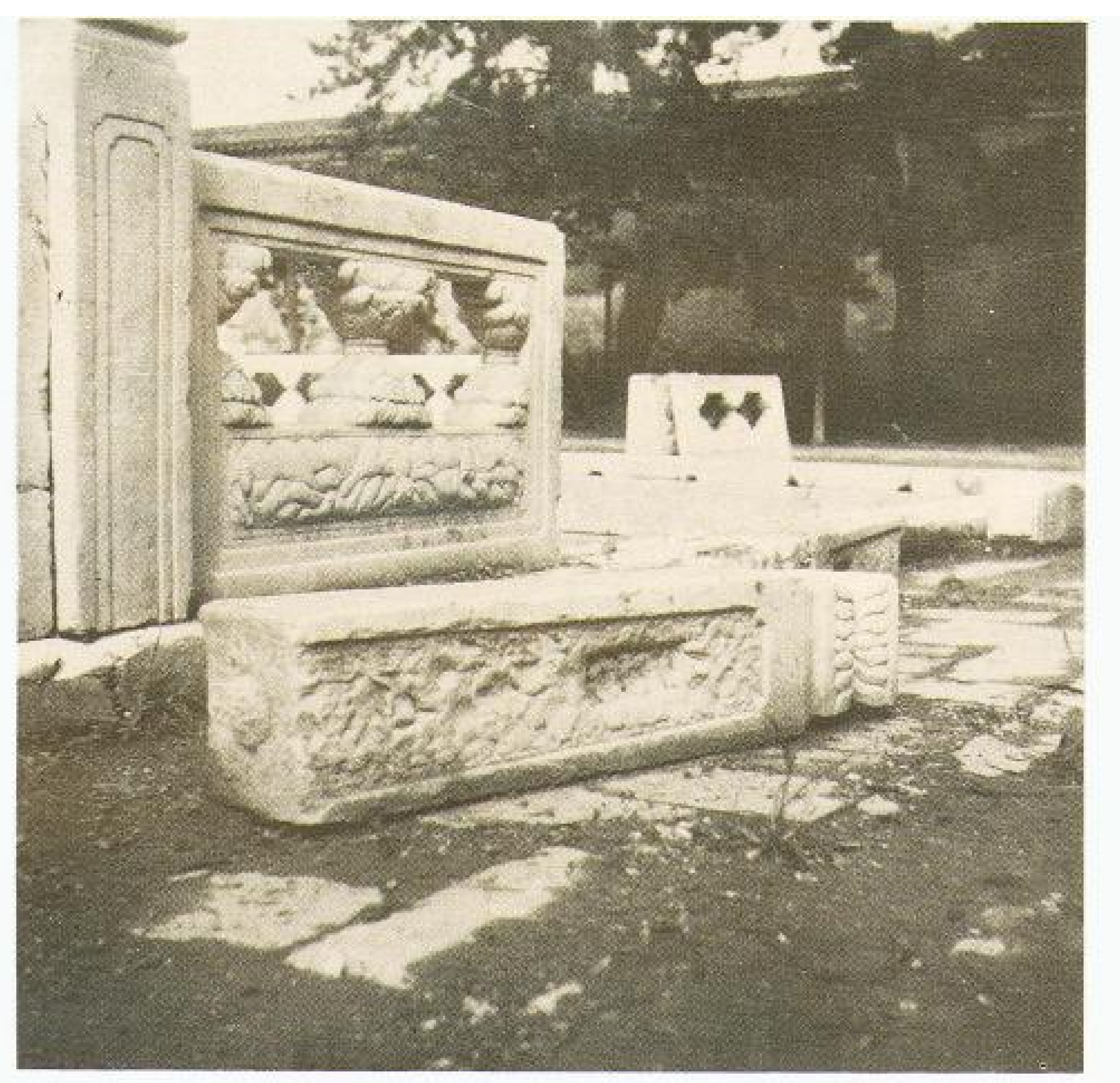


图7-5-8　（1）北京故宫文渊阁石活榫卯之一

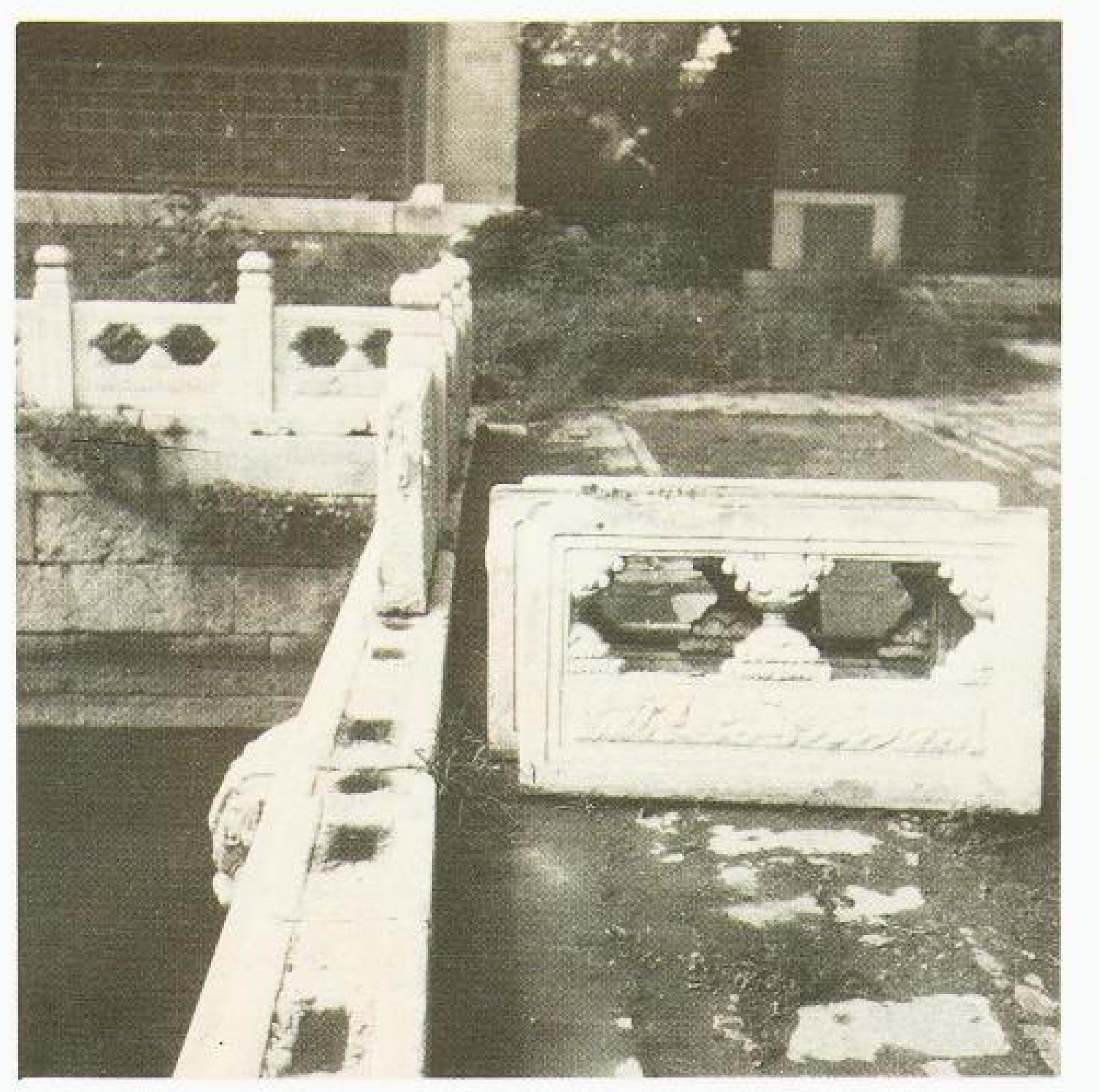


图7-5-8　（2）北京故宫文渊阁石活榫卯之二

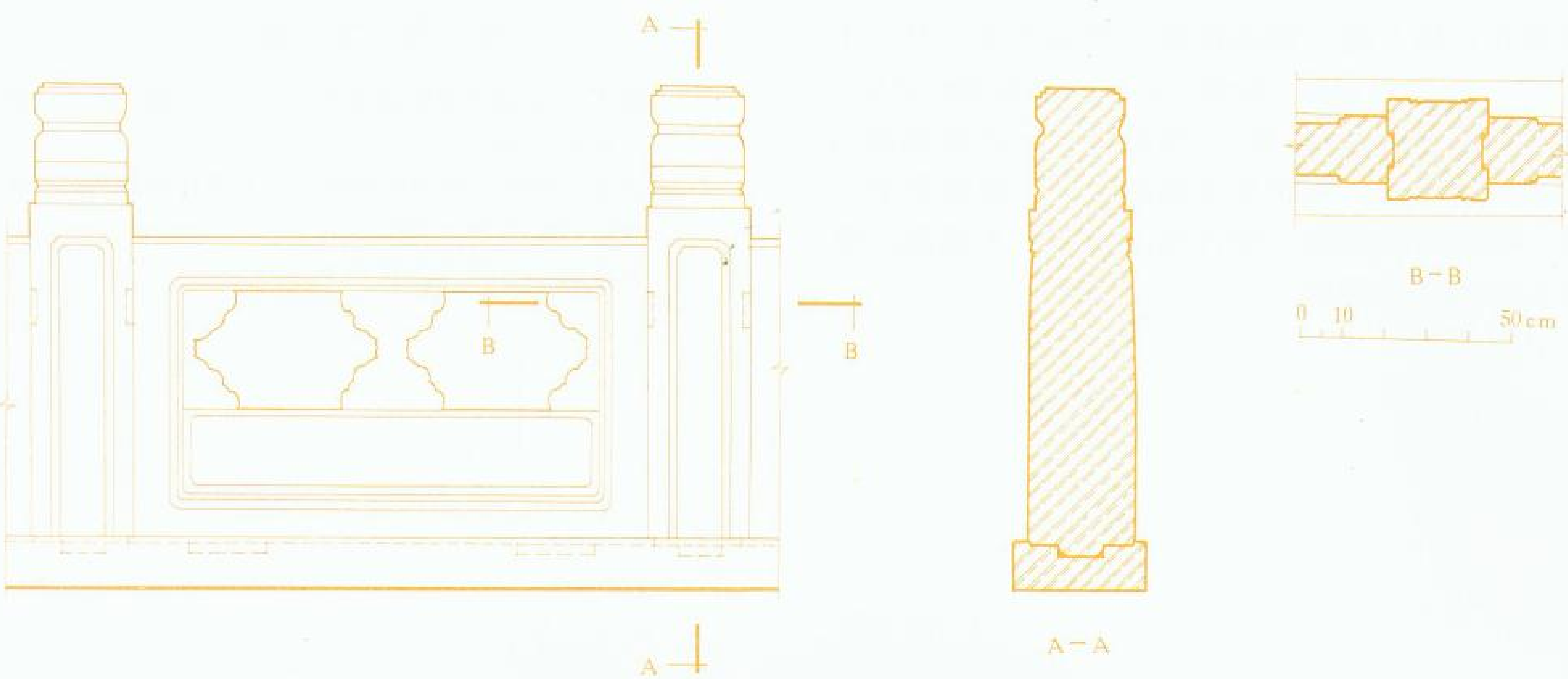


图7-5-9　（1）石栏杆做法示意图

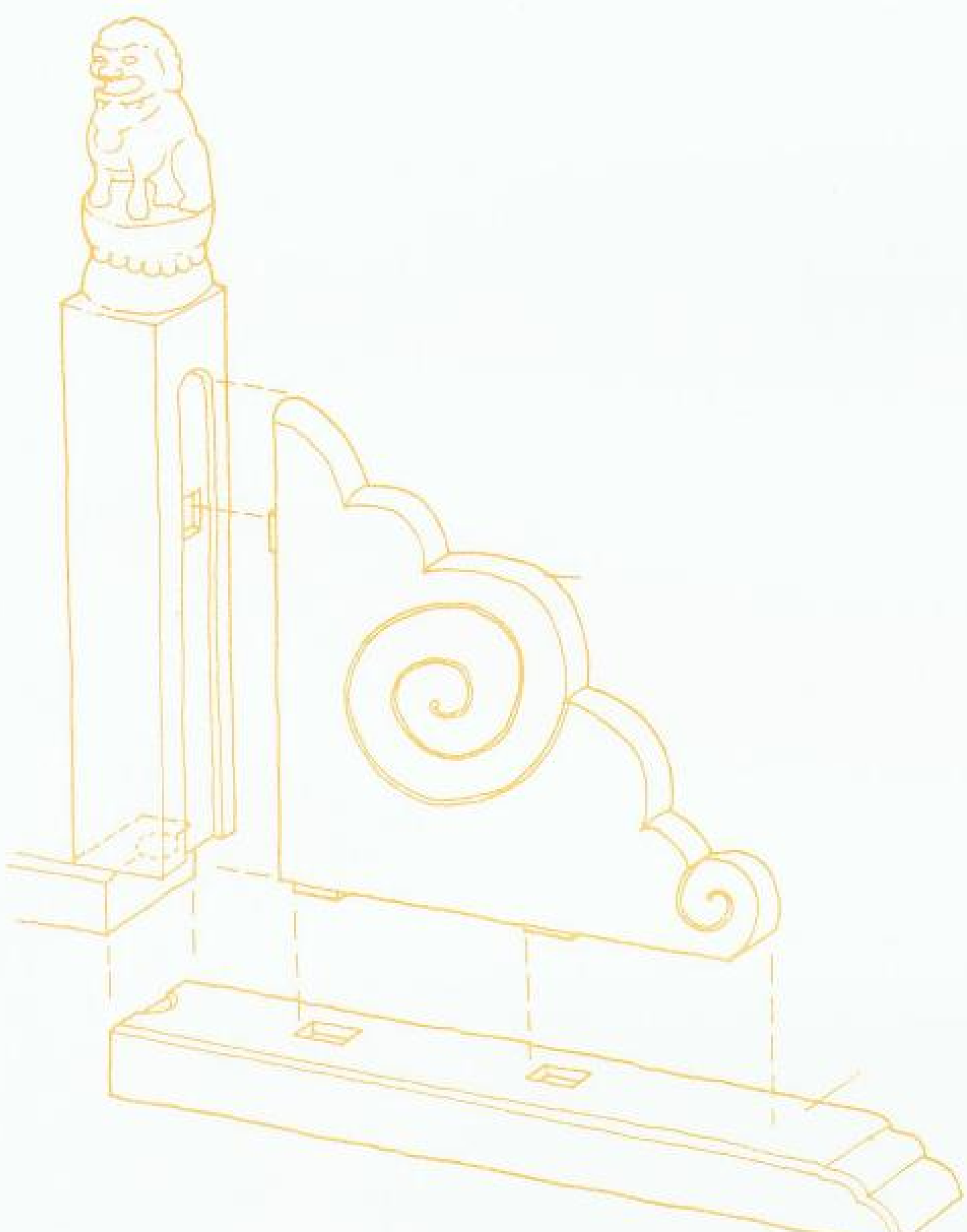


图7-5-9　（2）石桥上石栏杆抱鼓石做法示意图

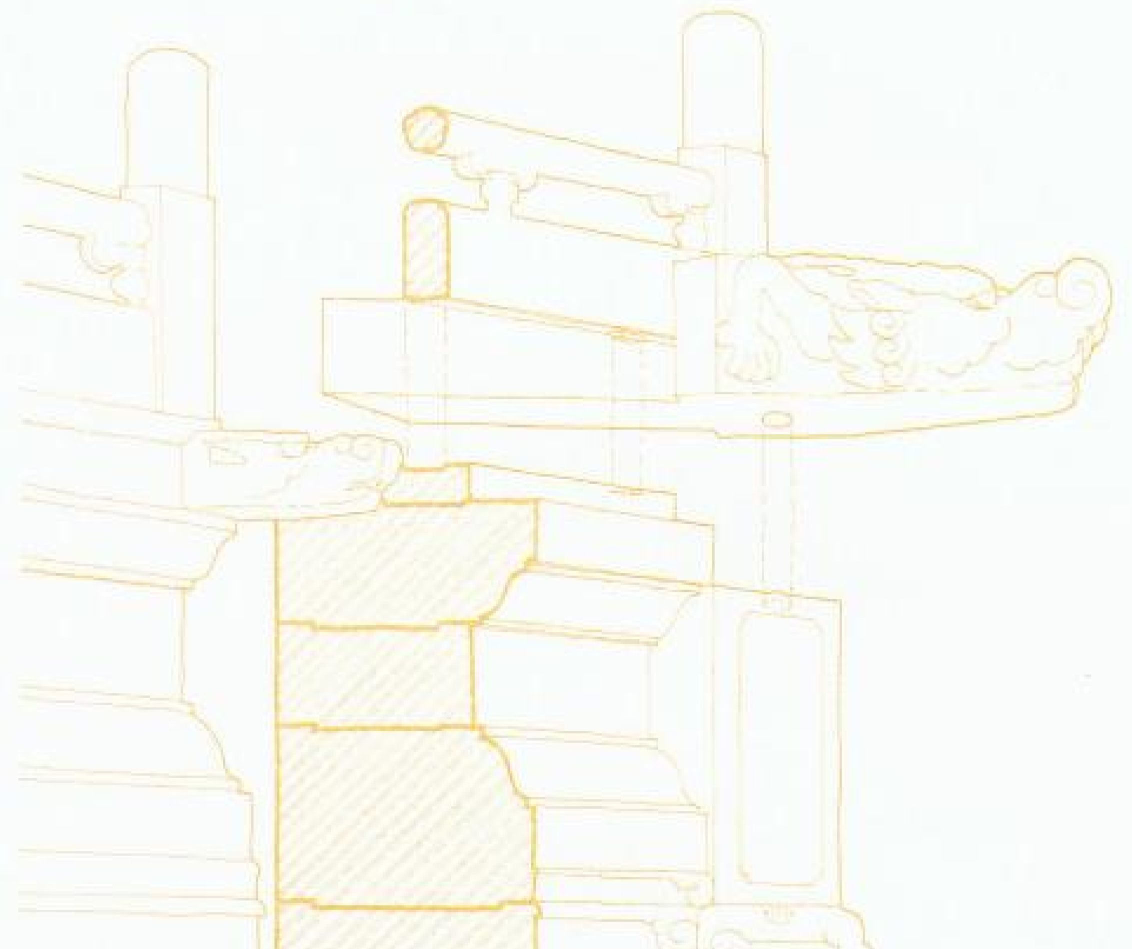


图7-5-9　（3）须弥座做法示意图

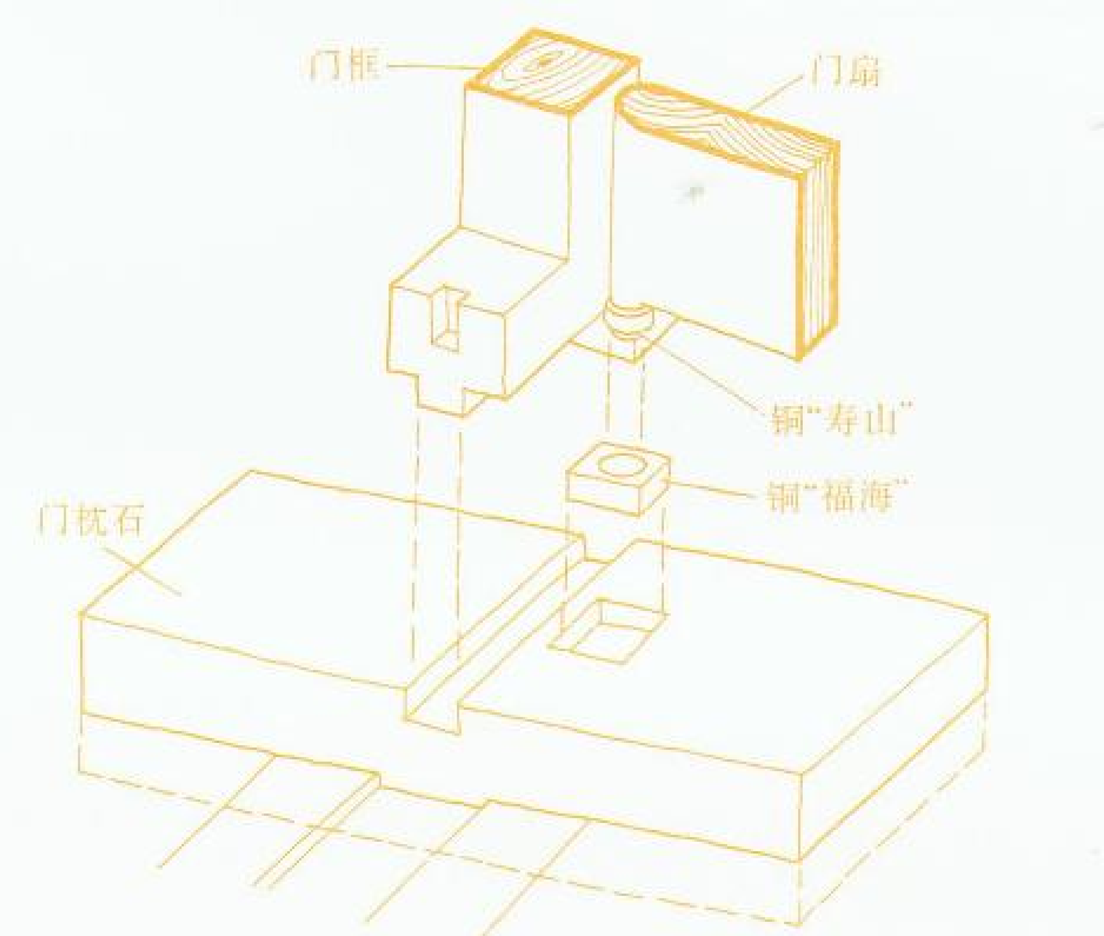


图7-5-9　（4）门枕石做法示意图

办法，一般是按构件本身高度或见方边长的1/10定长；榫头做成乳头形，直径按榫长的两倍，即所谓“馒头榫”。例如台明四角的角柱，须弥座四角螭头（龙头）下的角柱、入角间柱都是按这种规矩。台基上面的勾栏望柱安在台基边缘，为了防止前后倾斜，柱脚下榫则按柱子本身见方边长的30%定长，柱身两肋凿有卯眼，和栏板两头的出榫相接，栏板下榫按本身高度20%定长，与柱子下榫都插入地栿上面的卯眼，使之连结一起。这部分石件安装，主要是利用石材本身的自重，加上榫卯的连结作用。须弥座数层相叠，层间连接采用阳梗落槽办法：上层采梗，下层落槽。除上枋仅在底面采梗，其余都是上面落槽底面出梗，主要是防止走错。大门口的门枕石也凿有卯眼，是为安装门轴用的（图7－5－9）。

安装石活使用的胶结材料、粘补石料的药剂配方（工匠称为焊药）都是具有实践意义的效验成法。安砌石活与砌砖方法略有不同，主要是用灌浆办法，由身里使用灰浆灌注，使层间缝隙饱满严实，粘结成一体，不使活动，表面石缝再用油灰或水灰勾抿（油灰加桐油，水灰不加桐油）。规定仅在石料底一面灌浆，四围缝不灌（夹杆、镶杆石则四围缝灌浆，根底、上头不灌）。浆料成份以白灰为主，加少量江米（糯米）、白矾，取其粘性。青白石与旱白玉石用的成份高，每10平方尺[1]使用白灰60库平斤[2]，江米三合[3]（约合0.6斤），白矾6两（约合0.375斤）；青砂、豆渣石灌浆料配比例减1/3。

粘补石料焊药。粘补用的每平方营造寸用：黄腊0.024库平两与芸香（中草药）0.012两配合而成，用木炭化腊，粘接好了用白布包裹，防止脱落，主要是对石料有缺棱短角的，用药粘结起来。补石配药是对石料表面有缺陷砂眼的，用药加以填补，一般用于青白、旱白玉石细活，每平方营造寸用白腊0.15库平两，黄腊0.05两，芸香0.05两，石面2.88两配合成，稠度较大，干后不致收缩。后面随石色，做好后不露痕迹。这种粘补办法可以弥补石活的缺陷（天然的或施工不慎造成的），粘结好了能保持多年不脱落。勾抿石缝用的油灰：缝子深五分，每长丈使用白灰20库平斤，桐油5库平斤（占白灰重量的1/4）；水灰，即一般的白灰浆，用于次等做法。和油灰要经过捣固匀实，保持适宜稠度，才不致脱落。石活要求保固年限长，这种做法从实例观察有一定的成效。

另外，对于石件做细做粗的分法，就是针对具体使用情况而采取的切合实际的加工措施。石材凿作和木材加工不同，由于石材体量大，加工时劳动强度也大，一般保持石材表面和头缝、围缝做到平整匀净即达到使用要求。身后背底隐蔽之处，除直接与衬底砖石接连分位外，无碍安装的都可以做粗，没有必要徒然耗费劳力做细。例如凿作：

柱顶石：规定“上面并四围缝随阶条高（石厚）做细。”当阶条以下部分，就可以做粗。

阶条石（压面石）：“头缝、后口上迎面并下面做细，”因为下面与台明表面乾摆细砖相接，后口与柱顶石外侧面相接，做细可以使砖石接缝严密。这是指使用青白、旱白玉石的高等做法。如用青砂、豆渣石，则又有所不同：“头缝、后口并上、下面随砖宽一进除金边做糙，迎面并金边做细。”

须弥座：“四围缝并迎面做细”（青白、旱白玉石）；“围缝做糙，迎大面做细”（青红砂等石）。

高等、次等做法，要求不同，处理方法也有分别。

（二）石件的安装

石活安装工程，不论新旧活路，使用哪一种石料，主要工序是对缝安砌，在安砌过程要求稳落稳放，对缝严实。有不平稳处须用铁片垫稳，叫做垫山，然后灌浆，用油灰或水灰勾抿表面石缝子，以免跑浆。浆要灌足灌严，基本沿用传统办法。拆卸归安旧青砂石、豆渣石，另有改截刷面，占斧几道工序，则属于利用旧料二次加工做法。安装归拢办法和新活一样。对于旱白玉、青白石大件的“安请”、“升高”、“归位”，又是从施工安全角度提示注意的一种专门用语。

现场搬运，采用人工抬运或拽运，或车运办法：小件石活如阶条石之类用人工抬运；大件整料用人工拽运；工地道路狭窄，大车不能到工的，先行卸车，然后拽运。旱白玉石、青白石大件整料“升高”（起重）也是遵照这种标准。这类

1）每平方营造尺折合0.1024平方米，每平方营造寸折合10.24平方公分。

2）库平制每斤折合0.5968公斤，每库平两折合0.0373公斤。

3）每营升折合1.0354公升，每合折合0.10354公斤。

石件多属宫殿建筑使用，要求慎重其事，反映在术语称呼上的郑重。

石工搬运起重使用的工具，在当时手工操作的条件下，所谓滚子、旱船、快车、贯架、大绳、扎缚绳之类，一般木制都是使用硬杂材榆木制作。抬运小件石料使用榆木杠子，较大件用滚木两三根垫在石活下面，倒换推进。拽运吊装大件（升高），一般使用贯架（绞贯）或挂天秤起重。旱船、快车，南方称为“木龙”，承载石料，在地面滑行拽运。摆滚子、叫号是在滚运时为了保证安全、统一指挥所使用的一种口号，由领作人掌握，使众人协调一致行动。

参考文献

［1］群力：《临淄齐国故城勘探纪要》，《文物》1972年第5期第45页。

［2］吕品、周到：《河南新野新出土的汉代画象砖》，《考古》1965年第一期第17页。

［3］见朱偰：《江浙海塘建筑史》。

第八章　建筑材料的加工和制做

概　说

建筑材料是建筑的物质基础。建筑材料的发展水平是建筑技术发展水平的主要标志之一。

我国建筑材料的发展有悠久的历史。原始社会时期，运用石工具作为生产力的条件下，只能采用易于加工的天然材料，以土和木为主。浙江余姚河姆渡文化的干阑建筑，突出地显示了我国新石器时代在木材采伐和成材加工方面的重大成就。分布在黄河流域的仰韶文化、龙山文化，则利用黄土和树木枝干为主，并出现使用础石的方法。到龙山文化晚期，初步掌握了夯土方法，出现夯筑技术，并创造了土坯，为黄土在建筑上的应用开辟了广阔的途径。在奴隶社会时期，大量集中的奴隶劳动，提供了大规模夯土所需的劳动力，夯土版筑获得广泛的应用，奠定了我国古代以土木为主体工程材料的传统。西周开始了陶质建筑材料的生产，揭开了我国古代人工建筑材料的历史，殷墟宫室已见使用铜柱櫍。到春秋后期，在木结构节点上运用青铜构件，可以说，至迟在奴隶社会末期，建筑上已综合使用了土、木、石、陶、铜等多种材料。除土、木之外，其它用材都处于初始阶段，用量不大，技术不高。

进入封建社会以后，由于生产关系的变革，铁工具的推广，建筑材料都有显著的发展。

在天然材料方面，土和木始终占据主要地位。战国、秦汉时期大规模的建筑，正是建立在大量采伐木材资源的基础上，反映出当时木材采伐和成材加工的水平有很大提高。夯土筑台的土方工程量也达到惊人的程度。西汉以后虽然大规模的夯土筑台工程减少了，但是，大面积的夯土台基和版筑墙、土坯墙的筑造，仍然是建筑中最繁重的工作量，这种状况持续了很长时间。到隋代营建东都洛阳时，每月役使工匠二百万，其中土工就占八十余万人。相对于土和木来说，石材一直居于较次要的地位。从遗存至今的东汉石阙和石构件装配的沂南汉墓，可以看出东汉时期采石、运石已初具规模，石材雕凿加工也具有一定水平。但直到宋代以前，除了少数的石阙、石塔、石墓和小型石屋之外，石材主要用于建筑上某些要求承压、耐磨、抗撞、抗腐蚀、抗日晒雨淋的部位，如柱础、角石、阶基、地面石、踏道、勾栏、望柱、门砧石、地栿石等。经过石工们长期的实践，大约到唐宋时期，石材的成材和加工明确地形成打剥、粗搏、细漉、褊棱、斫砟、磨硥等工序。加工的工艺水平已相当精湛。宋代以后，采石生产效率大幅度提高。从现存的遗物来看，不仅能生产出重达200吨的大块石料，更重要的是石材开采量显著增长，为建筑上较广泛地利用石材创造了条件。

在人工建筑材料方面，最主要的是陶质建筑材料的发展。从战国到西汉，砖和瓦都进入新的发展时期。除铺地砖、贴面砖外，还生产了制作工艺水平很高的大型空心砖。这种大型空心砖以少量的型号装配成墓椁，可以说开启了装配式构件的先例。最晚到战国时期出现了条砖，到秦代，始皇陵出土的条砖已达到很高的火候和强度。但一直到西汉，在地面建筑上还很少用于砌筑墙体。西汉末，砖瓦焙烧由"直焰窑"发展到"横焰窑"。从东汉开始，条砖普遍取代空心砖，成为墓室的主要砌筑材料，并且初步运用到地面建筑的墙体工程。同时探索了楔形砖、榫卯砖、拱壳砖等多种异形砖。在四川等个别地区还生产了画象砖。经过一个时期的实践，除楔形砖外，异形砖和画象砖都渐次淘汰，砌筑用砖明确地以条砖为发展主流，简化了砖的类别，有力地促进了砖的大量生产。

到隋唐时期，浩大的宫殿、苑囿、府第、寺塔等的营建工程，对砖的产量提出了更高的要求。砖窑体积扩大，窑室增高，从"横焰窑"演变为"倒焰窑"。唐宋砖产量的上升，一方面象砖塔之类的整体砖构建筑增多了，另方面也使木构建筑的山墙、槛墙逐渐以砖代土。

到明代，官手工业所控制的砖瓦生产已形成大规模生产优质砖的窑区，各窑区生产有明确分工和例定产量。如苏州窑专造细料方砖，武清窑专造城砖；规模最大的临清窑，早期承造城砖、券砖、斧刃砖、线砖、平身砖、望板砖和方砖，后期则集中烧成城砖、斧刃砖。规定每年烧造城砖一百万块，斧刃砖四十万块[1]。这些庞大数量的官砖，都通过大运河，大部分由粮船带运，小部分用民船装运，千里迢迢运到北京。产品之精，生产、运输规模之大，是很惊人的。

瓦的初次大发展也在春秋战国之交，产量、质量都比春秋早中期提高了一大步。而且瓦钉开始与瓦身分离，简化了瓦坯的制作，板瓦、筒瓦基本定型，确定了我国古代生产优质灰陶瓦的传统。到东汉时期，瓦坯制作突破旧的泥条盘筑法，采用桶模成坯，进一步提高了瓦坯质量和制坯效率。南北朝前后，开始了琉璃瓦和青掍瓦的烧造。到唐宋，包括板瓦、筒瓦、瓦当和各种脊瓦，兽头的一整套瓦件已经俱全，制定了瓦作制度和窑作制度，详细地规定了瓦件的规格和用瓦规制，瓦件从生产到使用都达到有较严密的制度，产品高度规格化的程度。元代是琉璃瓦的重要发展阶段。元大都设琉璃窑厂，能生产白、绿、黄、碧、青各色琉璃。元大内宫殿都用琉璃瓦件，有的用于屋脊、屋檐，有的满铺整个屋面。明初在南京聚宝山设琉璃窑。永乐（1403—1424年）后在北京设琉璃厂。山西也成为琉璃的一个著名产地。元明清三代，琉璃砖瓦的材质、釉彩日臻精美，创造了象洪洞广胜寺飞虹塔、南京报恩寺塔和西苑琼岛九龙壁等工艺极高的著名琉璃作品。不过琉璃瓦件只限于统治阶级的少数宫殿、庙宇使用，广大民间建筑用的还是灰陶瓦。明中叶以后，由于资本主义萌芽，加上煤炭开采和应用，从事砖瓦生产的城乡手工业数量已有显著增加。清代雍正年间，江苏句容、丹徒一带，九十余里的地段就开设了砖瓦灰窑达三十四处[2]，反映出封建社会末期民间砖瓦生产普遍发展的趋势。

石灰是仅次于陶质材料的重要人工建筑材料，在古代建筑工程中，用于粉刷墙壁、胶结砖石砌体和配制灰土基础等，用途很广泛。我国大体上在春秋时期开始生产蜃灰，为统治阶级墓葬防潮之用。秦咸阳宫殿和汉长安礼制建筑的墙面都出现了"白粉刷"，可能是石灰粉刷的早期例证。最晚到东汉，已有少数墓室采用蜃灰和石灰岩锻烧的石灰作砌筑和粉刷的胶凝材料，但是产量很少。直到唐代，大多数的砖石结构仍然采用黄土泥浆胶结。宋以后石灰运用逐渐增多，宫殿内渐渐以石灰粉刷取代。到明代，由于使用了煤炭燃料，石灰的生产，采用煤与石灰石分层混装的竖窑，产量有了大幅度的提高。从此，重要的砖石砌体已全部采用石灰胶结。不过对胶结材料的认识上，我国古代过于着重胶泥的粘性，而忽视它的强度。因此，虽然从唐代起就相继创造了桐油石灰、糯米石灰、血料石灰等等高粘性的有机物掺合灰浆，但直到后期才使用掺砂的灰浆。以石灰、砂、粘土混制的"三合土"，也随着明代石灰产量的增长而得到普遍运用。到清代更广泛流行以石灰与黄土混合的"三七灰土"作为台基、墙基和地面垫层。这种经济坚实的地基做法，一直沿用到近代。

总的说来，我国封建时代建筑材料的发展，反映出以下几个特点：

在生产力水平的制约下，主要依赖的是天然材料。土和木是天然材料，又是建筑工程中的主要材料，而木材又是最主要的结构用材。宋以后石材的开采量有所增长，人工材料中条砖的生产有大幅度的增长，大型建筑逐步取代了夯土与土坯。但就大量性建筑来说，则自始至终都处于依

赖“土木”的局面。

大量的官室建筑所需的建筑材料，除一部分由官手工业调拨军士、囚犯自行加工承造外，大部分是向全国各地征索的。这种搜刮征索，从坐派城砖、大木直至生漆、桐油，名目繁多，数量浩大。如万历三十五年坐派四川的楠木就达四千七百余根[3]。封建统治阶级这种从全国范围内大规模地勒索各种贵重建筑材料，一方面反映出选材用料达到极高的材质和加工水平，另一方面也反映出选材用料极度的铺张浪费。

民间建筑，特别是广大劳动人民的建筑则突出地反映出就地取材、因材致用的优秀传统。我国幅员广大，拥有多种多样的地方性建筑材料资源。古代各族人民在长期建筑实践中所积累的使用地方性材料的经验和技艺，是建筑材料发展史上可贵的遗产。

在封建劳役制的统治下，劳动人民从事建筑材料的生产是一项极为艰苦的劳役。无论是木石的深山采伐、远程搬运，还是砖瓦的掏土合泥、作坯焙烧，都属于最恶劣的劳动条件和最繁重的劳动强度。应役丁夫不仅朝驱暮使，劳筋苦骨，甚至付出生命的代价。深山采伐往往是“入山一千，出山五百，疫疲交集，死者大半”。长途运输也常常是役使促迫，“僵仆而毙者十四五焉”。我国古代劳动人民正是在这种极端艰苦的条件下，开发了建筑材料资源，创造了数量惊人、质量较高的建筑财富，推进了古代建筑的发展。

第一节 木材的采伐和加工

我国古代建筑以木构为主。木材的采伐与加工技术有悠久的历史和丰富的经验。

在新石器时期，人们已经较普遍使用经过磨制的石斧、石铲等工具。石斧的应用，对木材的采伐提供了条件。石镞、骨铲、蚌刀、磨棒等较锋锐工具的应用，亦促进了木料加工技术的提高。

浙江余姚河姆渡新石器时代遗址中发掘的“干阑”建筑，有木柱、木桩、木梁并采用了木楼板。木板的出现是木材加工的巨大进步。在没有金属工具的条件下，能将木材加工成板，是极不容易的事（据云南怒族现存的以直纹木劈折成板的事例分析，推测这些木板可能同样是用密楔劈板而成）。这些建筑的木架连接，主要靠绑扎，但已出现用穿透榫卯。榫卯的制作使用了石凿、骨凿，这是我国迄今为止，发现最早的榫卯技术。

到了殷商时代，青铜制的斧、斤、刀、凿、钻、锯等木材加工工具得到了使用。商代对木构件的加工不仅有较熟练的木工技巧，而且进行了细加工。《说苑》谈到商纣宫室有“雕琢刻镂”的文句，从河南郑州商墓发现该墓椁室棺木表面雕刻有以虎为题材的浮雕。

采伐木材是建房子的准备阶段。《诗经》中“伐木丁丁”和“伐木浒浒”是春秋战国时代人们采伐木材场面的描绘。《左传》云：“山有木，工则度之”，说明古人在伐木以前，是进行过测量材木，选择采伐对象的。《易经》中记载有：“坎坎伐檀兮，置之河干兮”（意思是说，丁丁当当把檀树砍下，放在河边上），推测是把砍下的木材通过河水，运往建筑工地。

古文献还常提到采伐木材的季节问题。《礼记·月令》载：“孟春之月禁止伐木，……仲冬之月，日短至，则伐木取竹箭”。《淮南子》亦载：“草木未落，斧斤不入山林”，这是古代长期伐木实践经验的总结。冬天伐木的好处是可以减少虫蚁的腐蛀，较易于砍伐和运输；同时冬天不是耕种季节，人们较有空闲备料建房。

采木的工具，到了春秋战国时期，已广泛使用铁器了，据《考工记》记载，当时采用的有“欘”（即斫）和“柯斧”。文中还规定“柯（斧柄）长三尺”。

随着铁的冶炼技术的发展，生产工具的进步，林业采伐技术也相应得到提高。《后魏书》说：“凡使人攻坚木者，必为之择良斧。天山之坚木，盘根错节什植其中，六部尉理即攻坚之利器，非贞精刚锐，无以治之”。所谓贞精刚锐的利器，估计当时伐木已有钢制的刀斧了。随着木材用料的增加，林木逐渐减少，在汉代以前已出现了林业经营种植，《史记·货殖列传》记载：“……蜀汉江陵千树橘，淮北常山以南河济之间千树萩……此其人皆与千户侯等”。《齐民要术》亦说：“白杨性甚劲直，堪为屋材，折则折矣，终不由挠……，五年任为屋椽，十年堪为栋梁”。可见在北魏时期，人们已经种植树木用来建造房子。

我国幅员广阔，气候复杂，盛产各种木材，在战国时期所著的《楚辞》一书中就已提到了通常建房子的主要木材名称。后来《天工开物》在谈到造船的木材选择时说：“桅用端直杉木，长不足则接，其表铁箍逐寸包围。……梁与枋樯用楠木、槠木、樟木、榆木、松木、槐木（樟木春夏伐者，久则粉蛀）。栈板不拘何木。舵杆用榆木、榔木、槠木。关门棒用椆木、榔木。橹用杉木、桧木、楸木。此其大端云”。可见古人选木为材是积累了丰富经验的。

古代运输木材的方法，据文献记载，大体有如下几种：

（1）漕运：“臣前部士入山伐材木，大小六万余枚，皆在水次……冰解漕下缮乡亭”（《汉书·赵充国传》）；

（2）畜力牵引：“重任之车，强力之牛，乃能挽之。是任车上阪，强牛引前，力人推后乃能升踰”（《论衡·效力篇》）；

（3）滚动人拉：“隋室初造此殿（按：指洛阳乾元殿），楹栋宏壮，大木非近道所有，多自豫章采来，二千人拽一柱，其下施毂，皆以生铁为之”（《贞观政要》贞观四年条）；

（4）水运：“楩、枏、豫章……，因江河之道而达于京师之下”（《新语·资质》）。

明清时期出产木材的地方多集中在四川、贵州、广西、江西、湖南、广东、云南一带，据文献和地方志记载，山上砍倒的大树，经去枝取料后，即选择陡坡滑下山沟，等待雨季到来时，利用山洪从山沟冲下河岸，然后由江河水路运往各地。清人陈锦《结筏顺河记》对当时水运木料的方法有如下叙述：“接运曲阜庙工木，值六万木，以缆结筏为三十，有箍，箍四节，节四丈，广丰之，厚当其广什之二”。通常结筏是按木料尾径的大小，分等结筏，每筏分二拖，每拖看江河大小和运程长短而不等，一般为50根左右，筏上筑板屋其上，以舟引航，或由人操纵放筏漂流沿江而下。

古人对于木料的量度亦有一定的制度，量木围大小的用尺，通常是用竹篾做的软尺，伸曲自如，犹如现今卷尺，上刻有尺寸。丈量木料的长度，通常以步为单位，每步合官尺三尺。凡木又分为正木和脚木两种，正木是合乎建筑使用的良材，脚木是指有空、疤、蛀、破、尖、短、弯、曲等毛病的次木，如果木料的围径与长度不合一定比例不便取材的木料亦称为脚木。

建筑所用木材，必须经过干燥处理。《淮南子·人间训》中有云：“……木尚生，加涂其上必将挠，以生材任重涂，今虽成，后必败”。文中说明如果使用未干透的木料建房子，就容易变形和生虫蛀。所以工匠所用的木料都是要经过干燥处理，在四川和云南等省，民间采用的传统木材干燥方法，通常有两种：

一是自然干燥法：即在堆放木材时采取合理措施，达到自然风干。通常是把堆放场地选择在向阳坡地或台地，下面用石块垫架木材，然后纵横架设木料，使木料间留有空隙，利于通风，如地面潮湿，还得开明沟排水，并注意推陈贮新，使每堆木材不至于堆放时间过长。

二是人工干燥法：通常用的是地坑烟熏。即在地面挖一地坑，长约7米，宽约4米，深约3米，坑壁和地面常用砖砌，坑底先铺锯屑一层，然后用砖墩摆设木料，坑顶再加盖并设排烟孔。引火燃锯屑后，应随时注意烟的颜色，一般是白色，如果有青烟跑出，就表明燃烧过盛，需适当向坑底喷水压火，干燥完后，即可灭火取材。亦有将烧烟坑与木材堆放坑分为两处，用烟道相连，通过热烟把木材烘干，经过烘干的木材既不易裂缝和变形，又不至过早腐蛀。

木材的加工是木构建筑施工的重要环节。春秋战国主要的技术专著《考工记》把“攻木之工”分为轮人、舆人、弓人、庐人、匠人、车人、梓人等七种，说明当时木工的专业性已分得相当精细了。《管子·海王》云：“行服连轺辇者，必有一斤、一锯、一锥、一凿”。战国时代的城市大多有手工业区，有的还设有木工坊和漆工场。木工的专门化和木工工具的专用化，有利于木材技术的提高。据《考工记》的记载，当时还有“设色”、“刮摩”和“剑木”、“剡木”等工序。并指出木材加工时要注意到“审曲面势”并提出“材有美、工有巧”的鉴定标准。

从湖南长沙楚墓发掘看来，当时的榫卯构造已达到相当水平。如长沙东郊五里碑406号墓，墓中椁、棺皆用方木榫卯构成，榫接形式有插榫、银锭、齿形三种，木材彼此契合准确，方正无差，凡木材两两相交处均刻有记号，推测是先在墓外把构件预制好后，经拼装校正，然后拆搬至墓穴重新装拼起来的。另外，长沙楚墓中还发现有一种称为“抬箦”或“笭床”的雕花板，雕刻花纹细

致，线条流畅，尤其是绦环一式，有似今日所见之窗楞绦环，技术精湛，是平头凿难以完成的。但当时还未发现有弓锯，可能是用圆凿或锥加工而成。在同时期的墓葬中，还发现有企口缝和压口缝的拼板。这些都说明战国时期我国木加工已有相当的水平。

秦汉时期，有关木材的加工情况无从可考。据广州秦汉建筑遗址存留下来的柎木表面状况来看，推测是锯子裁段，用铁锛把木劈为方材，有的并有铁凿钻凿成的横直交接的空洞；据西安汉代建筑遗址存留下来的圆形木柱来看，柱圆周曲率均匀，估计是用了弯刀加工。《说文》"剞劂，曲刀也"，《甘泉赋》注也提到："剞，曲刀也，劂，曲凿也"。证明在汉以前是有曲刀、曲凿加工木材的。

《营造法式》有关木材加工的有：大木作、小木作、雕作、旋作、锯作等，描述颇为详细，并规定有用料功限。

《营造法式》很重视合理地选用木料，要求有计划地定料开锯，先取大料，然后把剩下的木料，按尺寸锯作其他适合的构件用料。"务在就材充用，勿令将可以充长大用者截割为细小名件"。并规定："若所造之物或斜或讹或尖者，并结角交解"，使两就长用。另外尽量把锯下的余料，充分利用或者锯成板材"勿令失料"。如柱的制作，如果用料不够大时，还提出有"合柱鼓卯"的拼合加工方法，其做法有：两段合法、三段合法、四段合法等，即用木材二至四条合拼为一柱，相互间用暗鼓、儧楔、盖鞠、明鼓卯等来结合，"合柱鼓卯"要求有很高的木工技术，要把几根木料合并为一圆柱，则要求把各卯合面刨到平直无差。榫卯要求相当准确。《营造法式》中还有额枋或柁梁与檐柱的卯合方法，以及桁条间缝和平板枋间缝的构造法。卯口结合都严谨牢靠，既考虑到构造上的力学要求，又考虑到加工简便和安装容易，反映出当时木材加工的高度水平。

《营造法式》中的小木作制度包括范围相当广泛，样式之繁多，花纹之精致，前所未有，表明宋代细木加工的进步。此外还专门论述了雕作制度——包括混作、雕插写生华、起突卷叶华、剔地洼叶华；旋作制度——包括殿堂等杂件，照壁板宝床各件、佛道帐各件。从现存实物看来，雕刻线条流利、精密严谨，混线脚清晰明朗，榫卯结合更为精确难能。

到了明清时代，城乡资本主义开始萌芽，木工营造手工业专业队伍更为扩大。据《明史·食货志》记载：在京的轮班和住坐木匠达三万九千九百多名，另外专门锯木工匠则有九千六百多名。出现了私人经营的木厂，木材加工进一步专业化，流水作业的木工程序也开始产生。据《天工开物》记载，明代的木工工具更为多样：斤斧有嵌钢和包钢两种；钻有蛇头钻、鸡心钻、旋钻和打钻；锯有剖开木料的长锯和截断木料的短锯；刨有制圆桶的椎刨、有做精细木工的起线刨、有把表面刮得板光滑的蜈蚣刨；凿有平头凿和凿圆孔的"剜凿"。从上述工具的制作和发明可以看出当时木工加工技术的改进。

第二节　石材的开采和加工

我国古代的建筑材料，在土、木、石三者中，以土、木为主，石材次之。原始社会因为生产力的低下，还没有能力从原生岩脉中取用石材而只能利用天然的石块进行加工。从时间上讲，石材的加工要比开采早得多。至于在山东半岛北部和辽东半岛南部乃至湖南省零陵的黄田铺和四川等地的巨石建筑——石棚，也还是利用天然方正的大石块加工打制所成，它是我国现存最早的石建筑。

何时开始人工采石?现在还没有确切的材料，依考古发掘所知，商代宫殿虽已经用石柱础，但只是一般不加雕琢的天然鹅卵石。东周山西赵城台榭建筑的柱础作圆形或圆角四方形，径约50厘米，厚约10厘米，始有了一定的加工。据《汉书·匈奴传》先秦长城的个别地段是"因山岩石，木柴僵落，溪谷水门，稍稍平之"。可知当时即使用石，也不过取用丘陵中露出的岩石而已，直至营造秦始皇陵（公元前221—前209年）。《史记正义》引《关中记》说："始皇陵在骊山，泉本北流，障使东西流，有土无石，取大石于渭南诸山"。依照历史记载，此陵修筑时，用人工七十余万，下穿三泉，上崇山坟，高五十余丈，周围五里余，其内石椁，上画天文星宿，下以水银四渎百川。又《三辅黄图》说："青梧观在五柞宫之西，观亦有三梧桐树，下有石麒麟二枚，刊其胁文字是秦始皇骊山墓上物也，头高一丈三尺"。这些就是采用大石为料的最早纪录。

秦汉之际，石料除用在地下墓室建筑外，地面上如祠堂、墓阙等也很盛行。东汉时代石建筑上已使用磨光的做法。并且有些建筑是全部用石块砌成的，其形式在很大程度上还摹仿了木结构建筑，可见石材的开采和加工当时已具有一定的水平。

我国古代开凿山岩洞穴惯用火烧法，即用木材把岩面烧烤，再往炎热的岩面上泼水，俟炸开裂缝再用大铁楔或其他工具进行加工[1)]。这一方法即在道路、水利工程上也多被采用，如战国时期，秦孝文王元年（公元前250年）开发四川山区，在险峻地段就是采用积柴烧山石的办法使岩石酥裂易凿或崩塌。据清光绪八年（1882年）关中潘矩墉《石门题记》中说：汉永平二年（公元59年）汉中杨孟文督修栈道"以火煅通石门"。梁清宽《贾大司马修栈道歌》中的"积薪一炬石为拆，锤凿既加如削腐"。另外《水经注》载嘉陵江上游工程"皆烧石樵木，开漕航道水运通利。"唐开元二十九年（741年）李齐物开凿三门峡之"新门"时，用烧石泼冷水方法，使长280米，宽6—8米，河身高5—10米的工程，仅用了三个月时间就完成。但使用火烧的方法，岩石酥裂已不成材，所以对石材的开采并不适合。仅在特殊情况下作辅助之用而已。

火烧法的原理是由于岩石的组成矿物在高温和气流的作用下，岩石的强度急骤下降，组成矿物中的长石、石英、云母等产生膨胀，使岩石变脆剥离从而为开采创造条件。

火药是我国古代的四大发明之一。隋末唐初孙思邈在《丹经》一书中载有用硝石、硫磺与炭化了的皂角制成火药。据考证，在宋代泉州石桥的石材上看到应用火药的痕迹，因此推测宋代开采石料已经使用了火药爆破的方法。我国古代使用的"黑色火药"对石材开采可以起震动作用。如果遇到有天然"胛痕"，也可能沿"胛痕"分割出石料。爆破法开挖岩石，是先在岩石上钻眼，一般采用凿钻，用人工打入，然后灌入火药，并加捣实和填封。爆破的效率取决于孔眼的深度、火药种类和数量以及岩石的强度。古代开采石料所用的火药是一种用木炭、硝石和硫磺以细末混合而成的黑色火药，威力小，气体发生速度较慢，爆破时岩石的结构并不受到破坏，而岩石则沿着罅隙面和开裂面从岩盘上分离开来，适合开采大块料石。

我国幅员广大，石材的蕴藏量甚是丰富，有名的产石地区如北京房山、山东青岛、江苏苏州、浙江绍兴、福建泉州、云南大理等地。石材的品种有花岗石、石灰石、大理石、砂石等。我国古代匠师经过长期的实践，他们对岩石的种类和特征、选石标准以及开采方法都有一定的认识和成就，并提高到理论高度，如花岗岩具有三个材性差异极明显的结构断面，这三个结构断面的形成与岩浆流向有关。结构断面的名称各地区叫法不一，如在福建闽南一带的石工叫这三个结构断面为"劈面"、"涩面"和"摘面"。若不区别花岗岩这三个不同材性的结构断面就无法开采石材，也难于对石材进行表面加工。

"劈面"，冷凝前的岩浆是有一定流向的，与岩浆流向一致的水平结构断面叫做"劈面"。其晶体明显，晶粒均匀。表面平整有光滑感。岩石进行分刈时，劈裂容易似柴刀顺纹劈柴。

"涩面"，与岩浆流向一般的纵向结构断面叫做"涩面"，其晶粒比较坚直，晶体不太规则，表面较不平整，有粗糙感。岩石进行分刈时，劈裂较难。

"摘面"，与岩浆流向相垂直的横向结构断面叫做"摘面"，其晶粒很不规则，表面又凹凸不平，略呈锯齿状，有明显的粗糙感。岩石进行分刈时，劈裂困难。

以上所述三个不同材性的结构断面见图8-2-1。

福建泉州生产的花岗石名"泉州白"，自唐代开采以来一直著名国内外，主要矿区有砻山、其仁、白犬、许厝后四座石山，花岗石储量约有1445万立方米。该山采石沿用了传统的手工操作，并辅以火烧法与爆破法，取得了很好的效果，最具有代表性。

在石材开采前，首先要观察岩石的解理和流向，确定开采的工作面和长度。其次在长度方向的中部打水平炮眼进行爆破，使其沿长度方向裂

1）此与国外情况有些不同，如埃及古代开山系先植木楔浸之以水，利用木料遇水发涨的原理而使岩石扩张自然分裂。

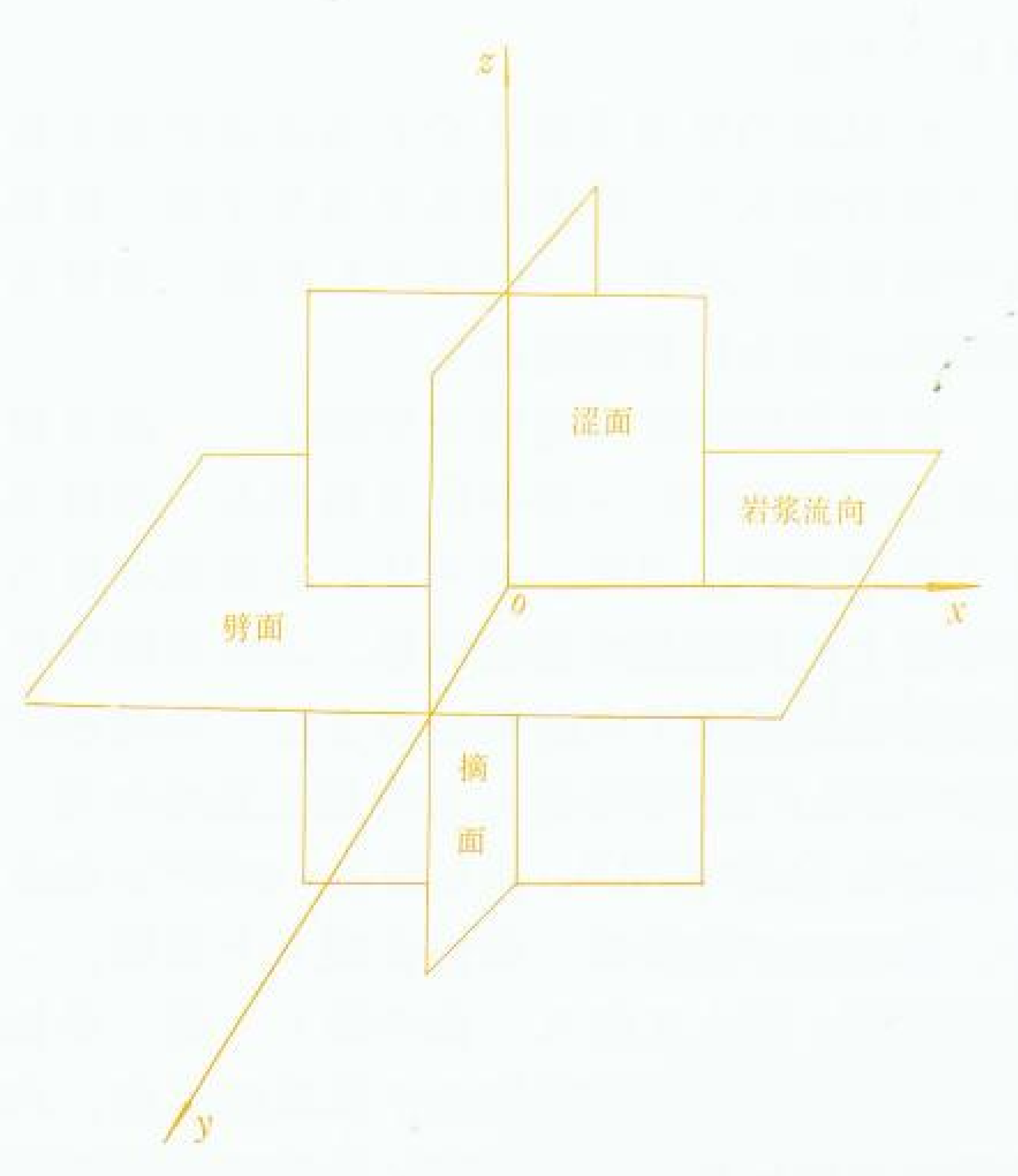


图8-2-1 岩石材性结构断面示意

出一条水平缝。福建砻山石区的矿床在平面上是一面临空三面受夹的大石山。根据这一特点，为了多出规格石料，保护矿床不受破坏，所以历来采用火烧法，经火烧的岩石成为一个沟谷。这样改变了三面受夹的特殊情况，使石材可以向两个方向移动，为石材的开采创造条件。火烧时先在距火烧点顶面 120 厘米处，用乱石和粘土浆砌筑一个平台，把含松脂的松柴放置在平台上，进行点火、鼓风烧石。当松柴燃烧时，借着火势和风力使火焰既向前冲，又向上伸，岩石表面因高温膨胀而逐层碎脱、剥离，一直烧至水平裂缝深度尽端为止。

岩石在水平面有了裂缝，又解决了三面受夹的情况，有了二个方向的自由度，就可以分割成材。分割时依据石材的体积，可以有大分割、中分割、小分割、细分割四道工序。大分割仍可用爆破法，在“摘面”打竖炮眼，可以分割出体积很大的整块大石料。中分割一般在“劈面”的高度方向，继续用爆破法分割，或者用“手凿打劈”的方法分割，也可以在“涩面”方向采用“手凿打涩”的方法。小分割也无非是用手凿打劈，手凿打涩的方法，把石材分割得小一些。细分割则按照块体的实际需要做到有计划地采材。

在分割过程中，必须掌握劈、涩、摘三个面，也就是岩石解理和流向。在分割时，劈面孔径瘦长，孔距疏，大锤敲打“晶仔”由轻而重，在涩面、摘面方向分割时，孔径宜方，孔距密，大锤要打的重。

石材开采是艰巨的劳动，清胡天游写了一篇“伐石志”，记载浙江绍兴的采石情况说：“越山，石多而采习，百材资焉，……将尽山伐之，其始发，集十百俦登颠，东西视，相厥膄脉，剥土之肤于外者。乘其燥气，输水激之。已则�然后环巨凿竭勇击焉，块而材癵。或值太坚不可猝伐，横崖植椓，腰絙悬撞之。崩岸削绝，下临洞黑，生活乎中者缚柔木为云梯，接数十仞。猿猱臂联；力附惴升，或系脱阶绝，霍飞鸟堕，骨无完收，伐之久，门户呀豁，渐入愈深，中空室堂，侧穿奥窍，黾行狐蹲，吹炬击敲，石时倾炸，群醢于内。或石尽底通，冒洪溺漂，岁死者数焉”。[4]

文中讲到，当开采石料时，几十到几百名石工登上山颠，勘察岩脉走向，节理，挖去石块外面所包泥土，利用它的燥气浇以水，激之使其易于酥落，然后用巨凿猛击，一块块地把石料打下来。如果石质太坚、一时不能打下来，那末就横崖植重物悬击之。至于云梯的绳断了就有生命危险。绍兴如此，其它地方山场亦然。绍兴自古以来，石工极为发达，过去向以采石著名，不仅到禹陵去的那条长有五里的道路路面全铺以石板（图 8－2－2）并建造石桥，其它如东湖、吼山、柯岩等风景游览区的形成，也都是由于千百年来经过历代石工们辛勤劳动而开辟出来的。东湖在绍兴五云门外十里，原本是一座青石山，各箬篑山，俗叫鸟门山。自汉代起（公元前 206 年，就开始采石，到隋朝（公元 581—617 年）更大规模地开凿来扩建越城（绍兴城）。日积月深，遂把这座青石山开凿成了千奇百怪的悬崖峭壁和深不可测的大水塘，成为现在东湖的雏形，直到今天在峭壁上犹存有极清晰的开采石板斧凿痕迹。

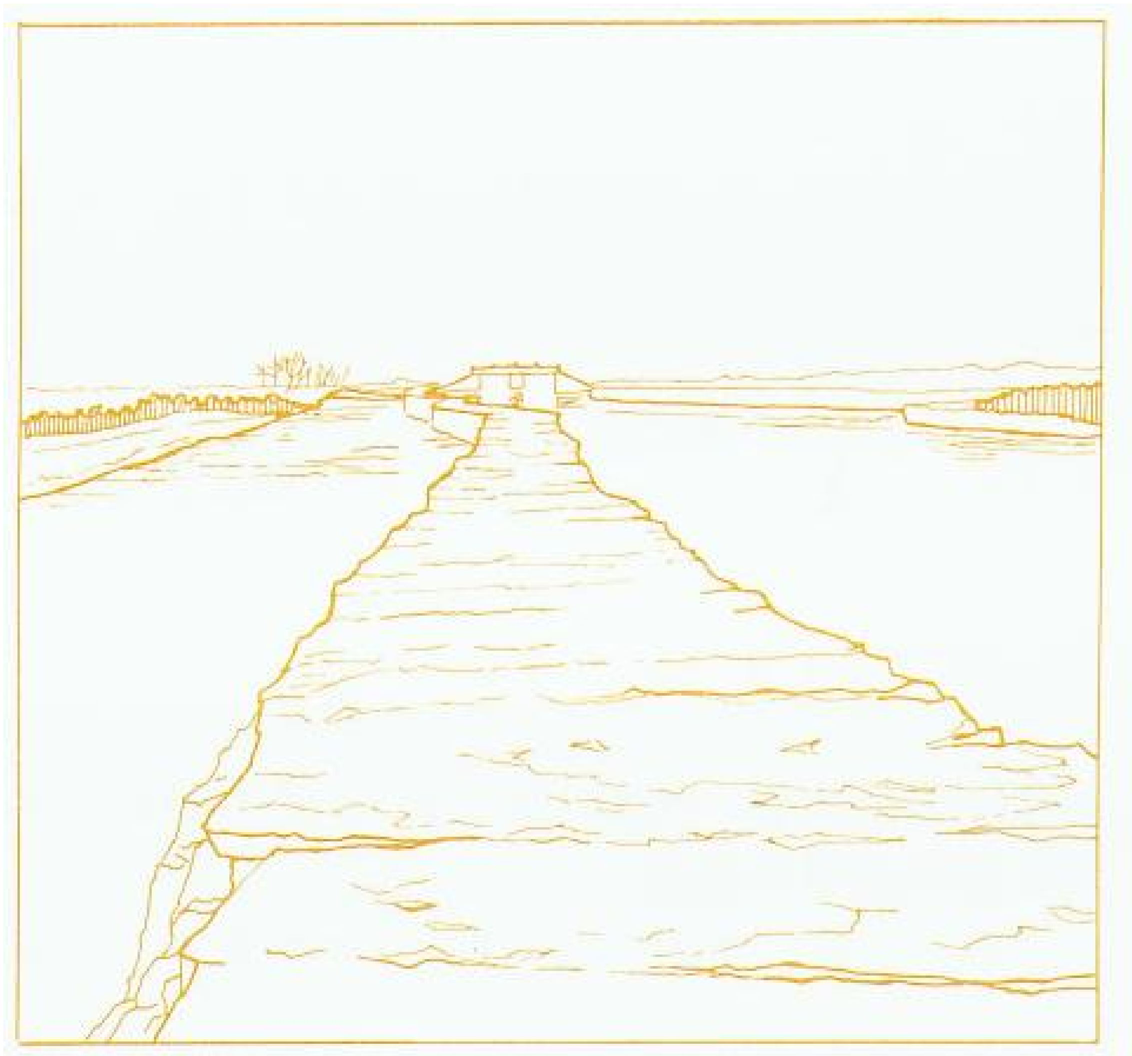


图8-2-2 浙江绍兴禹陵途中石板道路

上述《伐石志》中所说的“或石尽底通，冒洪溺漂，岁死者数焉”，说明采石除高空作业外还有水下开石的，其工作十分艰巨。钱朝鼎《水坑石记》中描述说：“取石之穴数处，以水岩为最……岩之穴有二，旧穴已坍，乃复岩北凿一穴以入。取石之处已低于江数尺矣。春夏水涨，岩中有潭水，满不得入。潭有入窍而无出窍，霜降水落，水留潭中必须人挽汲，而穴路低窄，伛偻以入，非可担负，须人列坐其中，抱瓮左右相递接，以上达于岩口，凡用七十余人，月余而水始得涸。入岩四五丈即需篝火，路屈曲高下，丈余便须一灯，灯用猪脂，他油则烟盛而人目不得视”[5]。又，高兆云客《端溪砚石考》中也有采石记载[6]，此虽非建筑用材，但有关石工生活并同述之。

假山石是供观赏用的石料，我国古代园林叠山以苏州最著名。苏州假山石有黄石和青石二种，黄石是一种方解石，因纹理不同，有的宜横用，有的宜直用。黄石比较朴素，产于城西南的尧峰山。青石也叫太湖石，因为它采自洞庭西山，面临太湖，故名，简称湖石。湖石以水边经过多年冲刷的为最好，它的特点是形态玲珑多窍，色润青而温润，扣之铿然如钟磬，也有出产在山上的名旱石，如洞庭西山的龙洞山顶就有。清高宗弘历（乾隆）曾到过该处，见到山石之奇巧，为了专门备皇室自用，曾向民间下过“上不打天平、灵岩，下不打龙洞、石公”之禁令。开采时不仅只是技术问题，也是艺术问题，为此石工必须具备一定的经验，才能够采到良好的石材，供园林建筑上用。

宋代及其以前的石材加工，按《营造法式》石作制度所述共有六道工序即：打剥，粗搏，细漉，褊棱，斫砟和磨砻。并加以解释说：“打剥，用錾揭剥高处；粗搏，稀布錾凿，令深浅齐匀；细漉，密布錾凿，渐令就平；褊棱，用褊錾镌棱角，令四边周正；斫砟，用斧刃斫砟，令面平正；磨砻，用沙石水磨，去其斫文”。以上六道工序与今日南方（苏州）石工所为内容一致。

清代的石材加工比宋时更为精细，操作工序也因各地区不同。苏州地区石材加工工序分有双细、出潭双细、市双细、錾细、督细等数种。其含义是：出山石坯，棱角高低不均，就山场剥凿高处，称为“双细”。其出山石料未经剥凿，而料加厚，运至石作工场后剥去潭者，称为“出潭双

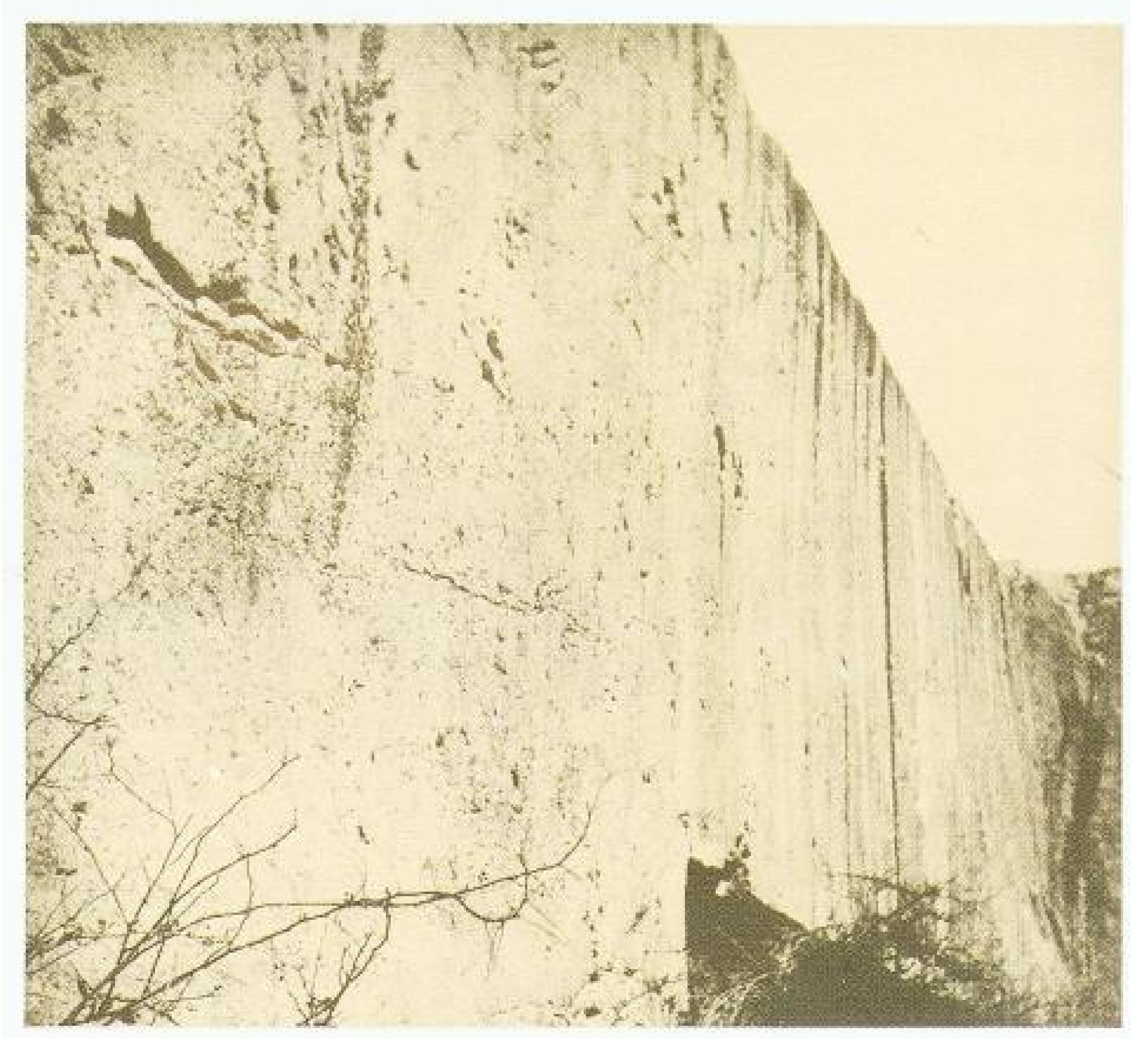


图8-2-3 （1）南京孝陵碑身采石加工现场



图8-2-3 （2）南京孝陵碑座采石加工现场

细”。经双细之料，由石作再加錾凿一次，令深浅齐匀，称为“市双细”。如再以錾斧密布錾平，则称“錾细”。再用蛮凿细督（即“斫”），使面平细，称为“督细”，俗称为“出白”。石料边沿凿一路光口，宽约寸余，称为“勒口”。与《营造法式》相对照，双细即打剥，市双细即粗搏，凿细即细漉，勒口即褊棱，督细可能为斫砟。福建的传统做法有六道工序，即修边打荒、粗打、一遍錾凿、二遍錾凿、一遍剁斧、二遍剁斧。其中一至三为粗加工，四至六为细加工。之外，磨光又分为粗磨、细磨、抛光。《工程做法》石作用功中仅列举了做粗、做细、占斧、扁光等四道工序。经过细加工的石料，可以使用在一般工程的露明部分。

石材的开采和加工同时还要注意到石料体积问题，因为这和运输有关，否则石材虽开采好并已加工，可是为了运输无法解决而废弃不用，历史上有其例。如南京阳山孝陵碑材，明永乐三年（1405年）曾在该地已经开采并加工雕好了碑身，碑座（龟趺）也已初具雏形。由于石材体积庞大，重量过巨——碑身高50.5米，宽10米，厚4.5米，现横置地下。身下碑座长达20.6米，宽8.5米，高9米，无法运到钟山墓地而只好废弃不用。石材四周由铁钻开凿的痕迹，至今尚清晰可见（图8-2-3）。

天然石材除直接用作建筑制品外，还可以经过加工制成人工建筑材料。如石灰石开采后，经石灰窑焙烧，便可以制成石灰等。

第三节 砖的制作技术

砖是古代重要的人工建筑材料。从春秋后期其应用逐渐普遍。起初用于铺地和贴墙，进而用于砌筑墙体，出现了全部用砖砌造的墓室、塔、无梁殿。砖的制作成为建筑材料生产的重要组成部分。

一 制砖技术的发展

制砖技术的发展主要有三个阶段：

秦以前是早期阶段。砖的数量较少，其类型主要是空心砖和铺地砖。制砖技术尚未形成独立的体系。

汉代是探索阶段。砖的承重作用逐步成为主要功能。当时的制砖工匠“甓师”为适应结构上的需要，在砖的形状和制作技术方面进行了种种探索，出现了各种不同用途的砖，制砖技术发展呈现出活跃景象。

魏晋以后小型承重砖成为发展的主流。历代的工匠们按照建筑材料生产的特点，为提高产量做了种种努力，终于使砖成为常见的主要建筑材料。

(一)秦以前的制砖技术

《诗·防有鹊巢》大约是公元前六世纪的作品。中有“中唐有甓”之句，意思是说中庭的走道（古称唐）用砖（古称甓）铺成。这说明至晚在春秋后期铺地砖已应用于奴隶主贵族的重要建筑中。但考古材料目前还只见有战国时期的砖。从秦早期都城雍、栎阳、咸阳及燕下都等战国遗址曾出土过一些铺地砖、大型空心砖和形状特异的砖等。

燕下都遗址出土的砖大体分为二种：一种是双面均有模压或刻划的纹饰，应当是砌在两面都可观赏的地位。推测是栏杆上的华版。另一种是饰面薄砖。薄砖只一面有模压的纹饰，其用途是铺地或镶墙[7]。

也有其断面成T形的折面砖，端头有企口。表面纹饰是在压坯时附贴泥条、泥片做成的堆纹，这种砖的用途大概是包砌土阶上沿或泥墙外角（图8-3-1）。

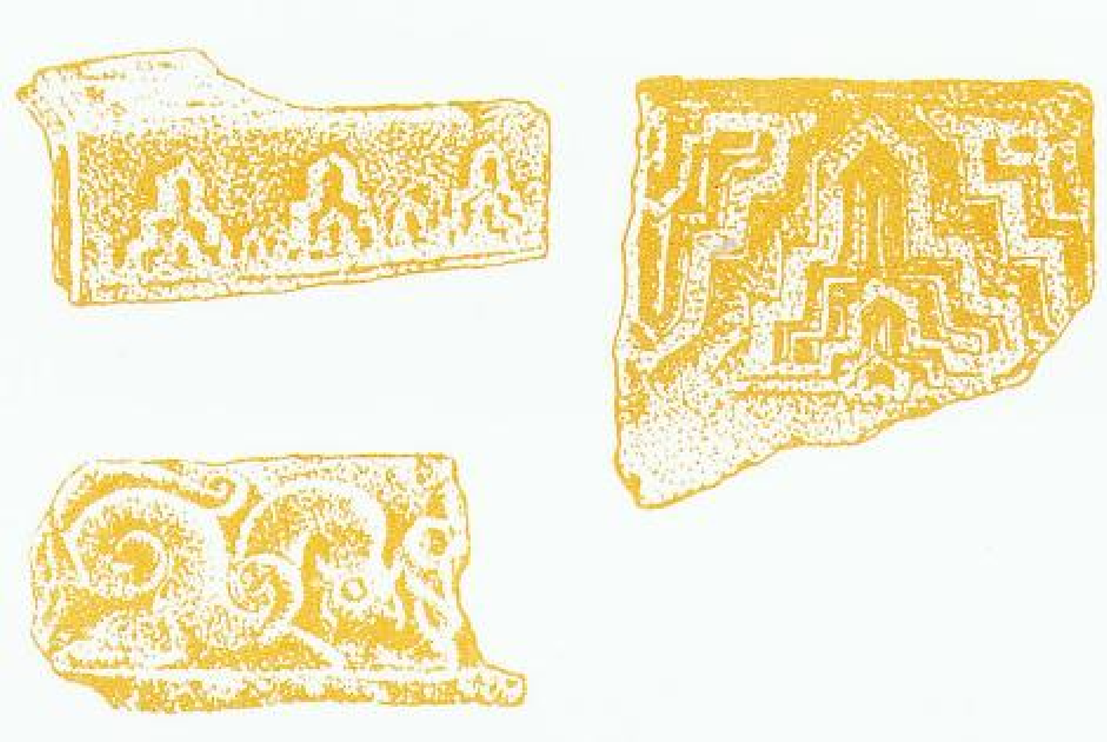


图8-3-1 河北易县燕下都遗址出土的砖

这些砖的造型和纹饰反映出其制法和陶器是基本一样的。砖的生产工艺复杂，产量有限，一般仅用于贴面。

秦都咸阳和秦始皇陵遗址出土的砖，按其使用性质和制作方法来区分有两大类：一是铺地砖，一是大型空心砖。砖的形式多样，制作精美。秦砖纹饰以模压为主兼有刻划，抛弃了工艺复杂的附贴堆纹。反映了战国后期和秦代的制砖技术有了明显的进步。

由秦咸阳一号宫殿遗址出土的铺地砖[8]，可以看出当时为适应不同地面的需要，砖的质量和形式有很大区别。如素面方砖和菱形砖（约38.5×36×3.8厘米）大约是用于次要房间的地面，装饰效果差，火候较低，坯泥也未经过淘洗。平行线纹砖和方格纹砖（约53×38×4厘米；50×33×5厘米）其纹饰用梳篦形工具趁湿划出，有防滑作用。砖的侧边有企口，使砌缝严密。这种砖可能铺在井边或洗沐房间等地面上。模压壁纹砖（约44×37.5×4厘米；38×38×3厘米）是重要建筑的铺地砖（图8-3-2），纹饰图案严谨美观，坯泥经过淘洗，砖的质地细密，隔潮效果好。焙烧的火候高，坚硬耐磨，这样高质量的砖反映出铺地砖的制作技术在秦代已经成熟了。

在秦始皇陵遗址中，发现有三种条形铺地砖[9]（其尺寸分别为27×13.5×6.6厘米；39×19×9.5厘米；41×13.5×9厘米）。还有一种曲尺砖（42×28×9厘米；拐脖处23.2×19厘米）。秦始皇陵陪葬俑坑底面全是长条砖铺砌的[10]（有多种规格：24×14×7厘米；42.5×



图8-3-2 秦咸阳宫殿遗址出土的模压壁纹铺地砖

19.1×9.7厘米；42×14×9.5厘米；38×19×9.5厘米）。这些砖的尺寸已逐渐向固定比例发展，有些砖的长、宽、厚之比是4：2：1，作为承重砖的条件已经充分具备。

秦始皇陵条砖，坚实沉重，后人称之为“铅砖”。砖表面上留有砖模上的衬隔物所印成的细绳纹。

在铺砌方法上也有许多创造，如秦俑坑长廊内铺地砖横断面略呈楔形，两砖端相连、互相咬接，十分坚固。这些砌法都为以后的砖砌体积累了经验。

由秦代镶砌的铺地砖看，其技术已达到可以砌墙的水平，由条砖的实物分析其比例也是适于错缝叠砌的。在秦俑坑一号南边发现了一道不错缝没有粘合剂的砖墙，这可能是修筑俑坑时原边墙倒塌，临时用砖修补形成的。但这却是我国目前已知的最早的砖墙。

秦咸阳宫殿遗址和秦始皇陵附近出土过一些用于建筑的大型空心砖，此外河南郑州也出土过一些战国空心砖墓[11]。大型空心砖的尺寸和形状决定于它所处建筑物中的部位。实际上是经过焙烧的建筑预制构件。

这种长可达1.5米的大砖，只有制成空心才能烧得透，同时减轻重量，便于搬动。大型空心砖的制作，需要有高度技巧。在长期实践过程中，其制坯方法也有许多改进和提高。由出土遗物可以看出，当时的制坯方法主要有“片作”法和一次成型法。

所谓“片作”法，是将坯泥拍打成片，再将泥片粘合成空心砖坯。泥片厚约2厘米，是铺在与砖坯同大的刻有纹饰的模板上拍打而成的。其经拍打的一面素平光滑，而复在模板上的一面却印有精美的纹饰。以四块泥片弥合成方筒，再用小块泥片堵住一端，接缝处用软泥抹合，当砖坯阴干后再将纹饰作局部修整复刻。

秦咸阳一号宫殿遗址出土的模压几何纹空心砖（136×38×18厘米；100×38×16.5厘米）都是用“片作”法制成的。“片作”法可以在砖面上压

印大面积的图案，起到突出的装饰效果。但是由于制作过程分为打片和粘合两步，不仅工艺复杂，而且接缝处是薄弱环节。所以又出现了一次成型法。

秦咸阳宫殿遗址出土的凤壁纹空心砖残块，反映了一次成型的制坯方法，与“片作”法砖坯有着明显不同。其壁壳较厚，平均约5—6厘米。内表面保留着用坯泥堆摔垒叠的痕迹，两面交接的地方浑然一体。砖面的纹饰是在坯成之后经刻划而成，只有龙纹上的鳞甲（半圆圈）和璧纹上的乳钉（小圆圈）等小块的重复图形是用小戳在湿坯上反复压印的一次成型法制作的空心砖在秦宫殿遗址中比较少见。但到了西汉却大为发展，成为制作空心砖的主要方法。

秦代的砖数量还不多，主要由官手工业生产。秦始皇陵建筑遗址出土的条砖上有的戳印“左司高瓦”、“左司显瓦”等字样。据考证，秦代的“左司空”是主要监制砖瓦的机构。“左司”应是“左司空”的简称[12]。

总之，砖由春秋时代产生后，在制作技术上当时还是因袭制陶技术。所以制砖技术和陶器一样，重点解决的是质地细致和纹饰美观的问题。其制作技术经过不断进步，到秦代末年，铺地砖等制作技术已经有了高度水平，大型空心砖“片作”法已经成熟，而一次成型法则应用不久。作为建筑承重材料的条砖，在秦代已经出现，虽然当时主要还是用来铺地，但已具备了砌筑墙壁的条件，是砖的技术发展上的大事，承重砖的发展是影响建筑发展的重要因素。在建筑上使用承重砖也激发了制砖技术沿着提高产量的方向发展。

(二)汉代的制砖技术

西汉前期制砖生产与制陶业分了家，成为独立的手工业。除了官手工业外，民间的制砖生产也有所发展。当时的制砖生产不仅由农村副业生产，并且出现了专业化。辽阳三道壕西汉村落遗址已发现有大座砖窑。按汉代的生产水平估计，仅承重条砖年产量就可达60多万块。据散见在汉墓中的工匠题字得知，当时专业制砖的工匠称作“甓师”。成都附近不同汉墓中往往可发现一模所制的画像砖[13]，说明是同一工场的产品。分布在各地的汉代砖石墓的墓主也往往是中下级官吏或中小地主，可见砖的使用已很普及。可能砖作为商品在当时已是习见的事，所以《九章算术》有用砖价为题的算例。砖作为商品出售，同时又出现了专业制砖甓师，对于砖制技术的发展都有着积极的推动作用。

河南巩县铁生沟汉代炼铁遗址曾发现西汉晚期的房基[14]。这房基处于当时冶炼场的中心地带，估计是冶炼者的临时住所，其墙壁是用条砖垒砌的，发现时残高1.67米。条砖用于地面上居住建筑的承重墙，这是砖在结构上的重大发展。

西汉时期砖结构的发展还处于探索阶段。为适应结构上的要求，甓师们曾试制过种种不同类型的砖。大约在西汉晚期，承重条砖逐渐代替了大型空心砖。其结构技术在东汉得到了迅速发展，承重条砖成为砖的主要类型。配合条砖的使用，当时还曾用各种异型砖来砌筑墓室的顶盖，出现了新型的拱壳砖。东汉中叶更流行用条砖砌筑穹窿顶。因此，其他类型的砖便逐步减少以至被淘汰。

各种砖由于规格、制作和用途不同，发展、演变也各具特点。

大型空心砖

西汉时大型空心砖比较流行。在地面建筑中，这种砖用来铺建阶沿或踏步1)，在地下则用来砌造墓室。

“空心砖墓是战国以来流行的木椁墓与东汉以后兴盛的砖室墓之间的一种特殊形式的墓室。”2)其结构约可分平顶箱子式和两坡顶式。洛阳西汉卜千秋墓主要墓室用大型空心砖砌造，侧室和耳室则用条砖砌筑3)。它们是根据具体的部位和需要采取不同做法。该墓主室东西长4.6米，南北宽2.1米，高1.86米，共用空心砖124块。其尺寸与形状如表1。

表1　千秋墓空心砖的形式和尺寸

编号	类　型	块数	尺　寸（米）
1	长条形（门额、横砌）	1	1.63×0.35×0.12
2	长条形（门框、立砌）	2	1.46×0.44×0.12
3	长条形（门、立砌）	2	1.10×0.40×0.12
4	长条形（门、立砌）	1	1.10×0.50×0.12
5	方形（门额上）	1	0.52×0.40×0.12
6	三角形（山墙）	2	高0.40，底宽0.51
7	脊顶砖（屋脊）	20	0.52×0.24×0.20
8	长条形（斜铺屋面）	28	1.31×0.18×0.12
9	长条形（后壁山墙横砌）	6	长宽不等,一般1.00×0.50×0.12左右
10	长条形（后壁山墙横砌）	2	(0.70-0.80)×0.24×0.12
11	方形（后壁山墙）	1	0.40×0.24×0.12
12	三角形（后壁山墙）	2	高0.24底宽0.26厚0.12
13	长条形（侧壁立砌）	14	1.24×0.24×0.12
14	长条素面（墓底）	36	1.10×0.24×0.12
15	柱形（侧门框、立砌）	4	0.83×0.16×0.12
16	长条形（侧门额）	2	1.36×0.43×0.12

空心砖墓所用砖的块数少则十二块，多则一百多块。有长方砖，柱形砖，三角形砖以及近乎半椐三铰拱的弯砖等式样。在同一墓葬中各种砖的宽和厚有着统一的比例。

空心砖砖坯的形状和尺寸按每块砖所在部位分别设计。在砖坯制成以后，往往还得刻划编号，以免组装砌筑时发生错乱。如需绘制壁画则在组装前绘在砖上。这里表现出作为装配式建筑的优点：构件可以在较好条件下从容加工，组装工作则在需要的时候迅速完成。

关于汉代空心砖的制坯方法，过去曾有几种推测意见。有的认为设想其制造之先必有木范形状如砖体，以陶泥布置范中，合拢作中空状[15]。也有的认为先将一个阔面和四个侧面放入木框中修齐轮廓。等泥坯半干而有相当硬度时，再将另一个阔面接上去[16]。还有的注意到在洛阳烧沟汉墓中的空心砖，千百碎砖中极难发现粘合接口[17]。

根据河南省博物馆所藏的汉空心砖上所保留的痕迹，推测一次成型法的具体工艺如下：

准备：准备工作包括炼泥，制模和整理场地等。由空心砖碎片的断面看，坯泥炼得很“熟”大约得经过陈腐，浸泡和踏踩等工序。

空心砖的形状不一样，制模的方法亦不同。长条形砖的范模是两端没有封墙的长槽形。范模的长度与宽度可以任意调整，所以变化比较多，但其厚度比较统一。制作时为了避免砖坯粘在地面上，在制砖场地上铺了草帘、草席等。所以空心砖的下端（有圆孔的一端）都印有草帘纹。

成坯：将长槽形范模竖立放稳，并在模内衬上麻布以便脱模。先将熟炼的坯泥平铺底部（即砖坯的下端），再由范模正面向上逐渐加泥垒高。其正面用平板临时固定，并随着泥坯的垒叠逐步升高。其砖壁厚度保持在4—5厘米。有时端头方孔太长，则在中间加一泥梁，在砖坯达到预定长度后，即可脱模。

打印：将坯面稍加抹光，用预先雕刻好的木戳打印，即组成大面积图案，边框部分也有用小捧缠以细绳压印的。

修整：待坯体稍干后再将坯体放平。为了使砖坯易于烧透，经常用刀在砖坯底部挖一个或两个圆孔，有时也挖在侧面。孔径约5.5—11厘米。待彻底阴干后，即可入窑焙烧。

“片作”法和一次成型法的大型空心砖，由于制坯方法不同，形成了明显区别（表2）。

大型空心砖的制作工艺与艺术形象，都反映了我国古代制砖的高度水平。其本身是经过焙烧的预制构件。但作为建筑材料，制作复杂，造价昂贵，在结构上使用的部位也有很大限制，不能大量生产任人选购。到东汉初，大型空心砖就逐渐绝迹了。

表2　大型空心砖“片作”法与一次成型法比较表

	“片作”法空心砖	一次成型法空心砖
砖　壁	较薄，其厚约2厘米	较厚，早期厚约5—6厘米，后期约3厘米
内表面	素平、光洁、有拍打之痕	粗糙不平，有溅淌的泥痕、手摸的指痕等
碎　片	多在两面交接处破裂分开	看不出有粘合接口
纹　饰	整幅模印的大面积图案	图案由小戳打印组合而成，早期有刻划的大面积图案
端　孔	一端有方孔，另一端往往无孔	上端方孔，下端圆孔，圆孔多系两个

1）唐金裕：《西安西郊汉代建筑遗址发掘报告》，《考古学报》1959年第2期。

2）王仲殊：《空心砖汉墓》，《文物参考资料》1953年第1期。

3）洛阳博物馆：《洛阳西汉卜千秋壁画墓发掘简报》，陈少丰、宫大中：《洛阳西汉卜千秋墓壁画艺术》，《文物》1977年第6期第1、13页。

承重条砖：

承重条砖与大型空心砖比起来，制作容易，砌筑方便，而且有着广泛的通用性。更重要的是条砖在结构中发挥了承重性能。所以从东汉起，条砖就逐步成为制砖技术发展的主流。

砖坯的制作直接受土坯制作的影响。其方法主要有两种：一种是硬泥成型法，即“阴坯法”，坯泥和得较硬（含水率约为22—24％），将坯泥摔入砖模压实刮平后，拆开模板即成砖坯。这种砖坯可以立即码垛阴干。这种制作方法在工艺上和夯土一脉相承。由于含水率小，烧成的砖强度较大。另一种坯泥和得较软（含水率达25—26％）。用固定的砖斗（有底的木模）成型，坯成后将砖斗反扣在地上即可脱膜。制坯速度比较快，但软坯需留在原地凉晒方可堆码成垛继续干燥。这种方法称为“晒坯法”或“软泥扣坯法”。

东汉时代的条砖，侧面多有纹饰，有时用几种不同纹饰的砖按一定规律砌成墙壁，很富有装饰效果（图 8－3－3）。

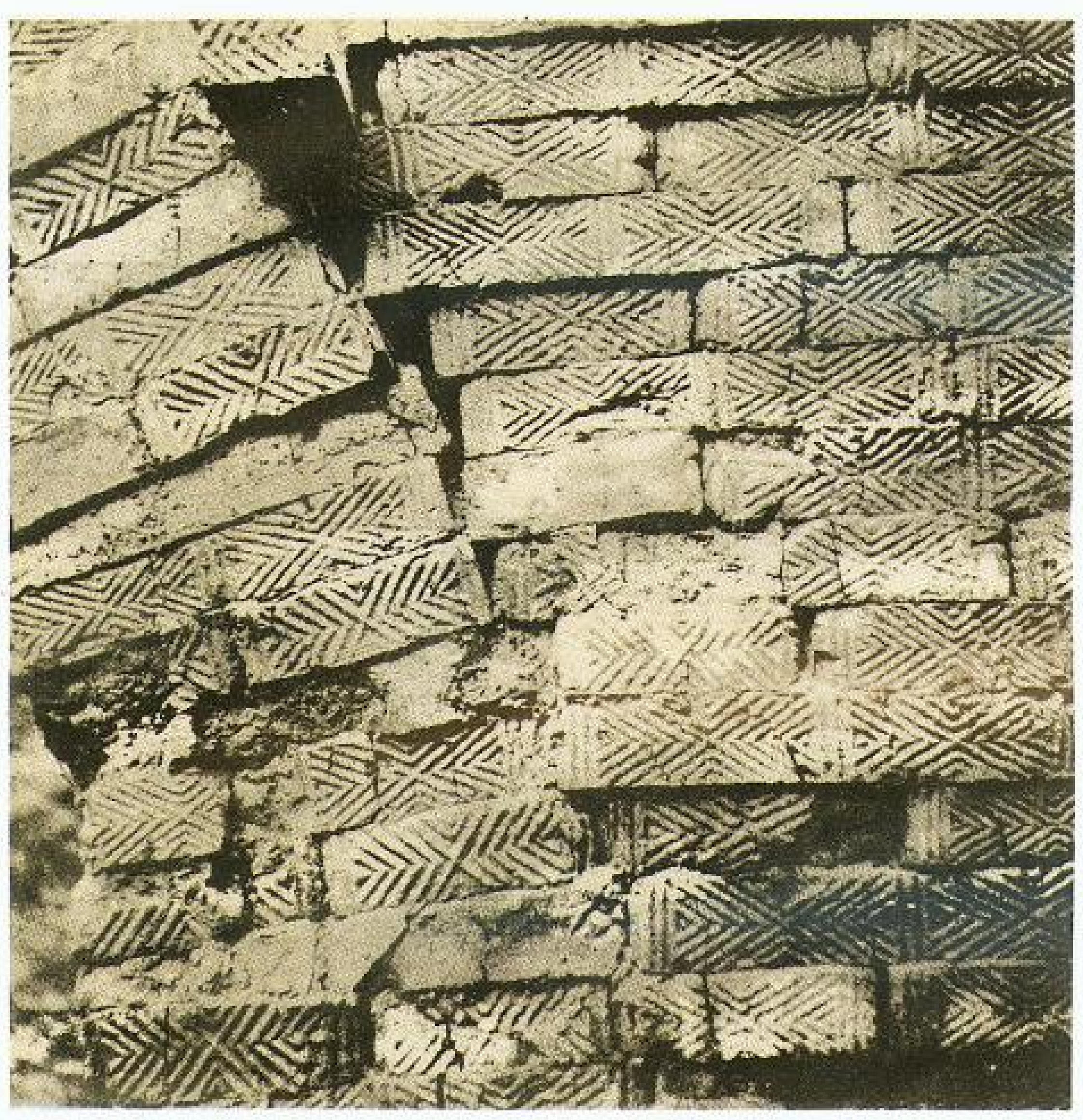


图8-3-3 广州汉墓出土墓5040的花纹砖（东汉后期）

砌造拱顶的各种异型砖：

用小型砖块来砌造建筑的顶盖部分，是砖结构发展的一个重要课题。汉代的工匠在这方面充分表现了善于创造的精神，曾对于砖的体型作过种种尝试，出现了砌造拱顶的各种异型砖，为结构和施工提供了方便的条件。

（1）榫卯砖：榫卯砖是砌单券用的。由单券并列即成筒壳拱顶，在一单券中，相邻两砖间有榫卯联系，一般榫卯长 5 — 6 厘米。有榫卯的端面稍斜，使砖的上面大、下面小，起券时支起一道模板，将砖的卯榫依次相接，砌成结构严密的单券。模板可以移动，重复使用。这种拱券比较单薄，刚度不大。由于地基沉降，或上部荷载不均匀，都会引起结构失稳而塌落。所以稍晚一些的榫卯砖有所改进，砖的总体呈楔形，在两侧倾斜面设卯。砌成拱券后结构厚度大，刚度好，不易失稳。四川省博物馆所藏的实物看，东汉拱壳砖的设计是十分周密的。该砖上平面素平而稍大，下平面有纹饰而稍小。左右有榫卯。前后壁凹凸相镶。砌筑时，把砖的凸出部分挂在已砌好的券的凹进部分，施工可以不用支模板，同时受力均匀，整体性好，有利于提高结构的耐压和抗震性能，与现代使用的拱壳砖相似（图 8－3－4）。

（2）楔形砖：楔形砖的使用反映出当时对于砖块拱壳砌体中的受力状况有了进一步的了解。砌块所受的力主要是压力，无需在侧面做榫卯。楔形砖不仅制坯方便，而且可以错缝砌造，使拱顶有较好的整体性。

（3）覆盖在拱顶结构层上面的曲面砖，企口砖等，这类砖的使用是为了让拱顶更严密，减少漏水的可能性，同时也起到使拱顶荷载均匀，增加结构稳定性的作用。

铺地砖：



图8-3-4 （4）东汉带有蛇鸟纹榫卯砖侧面和背面（长44厘米，最宽18.8厘米，最窄11.5厘米，厚7厘米）

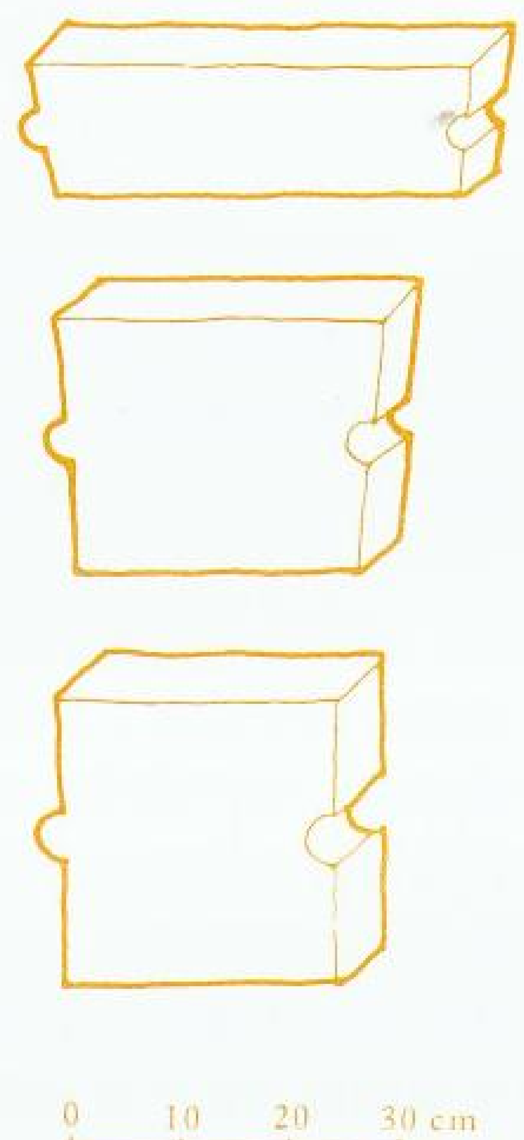


图8-3-4 （1）汉榫卯砖

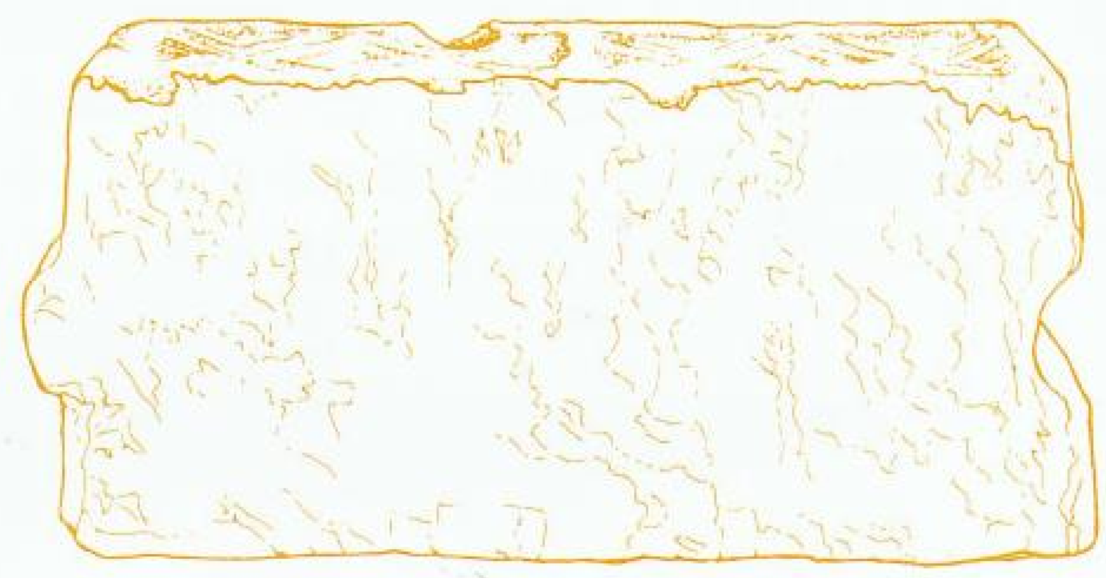


图8-3-4 （5）东汉榫卯砖正面和侧面（长35厘米，宽19厘米，厚6.6厘米）

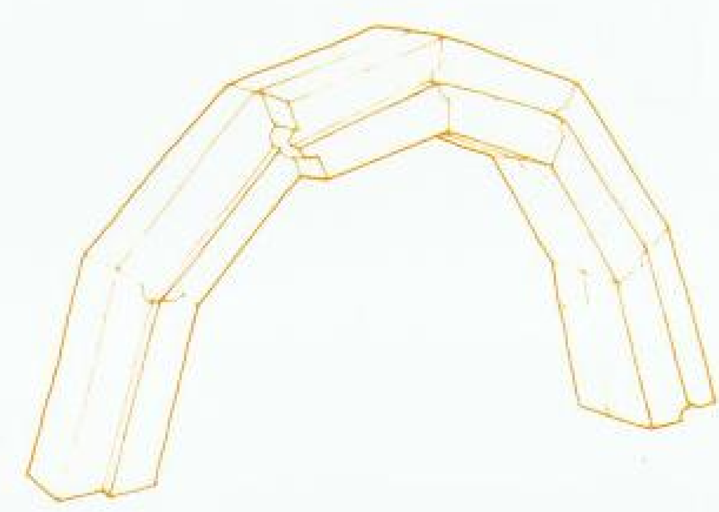


图8-3-4 （6）拱壳砖砌法示意

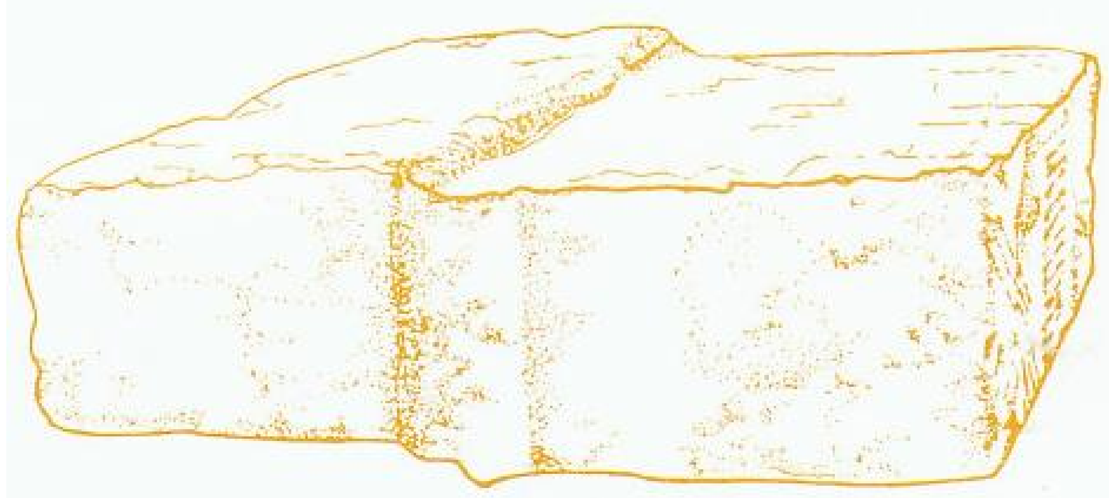


图8-3-4 （2）东汉榫卯砖凸的侧面

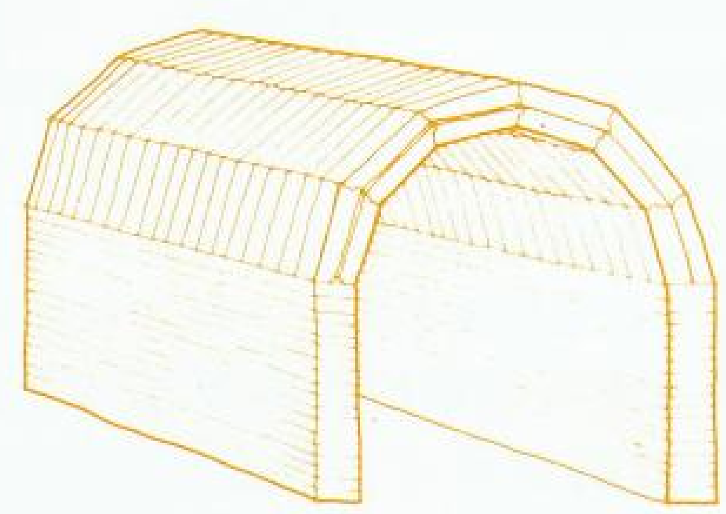


图8-3-4 （7）东汉拱壳砖墓实例之一

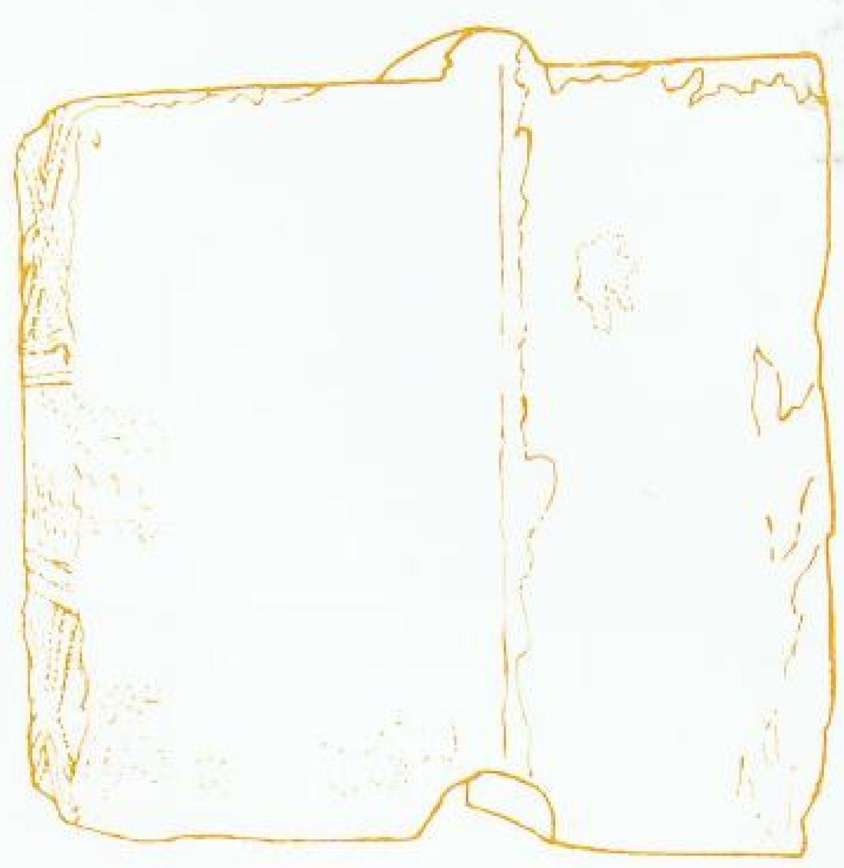


图8-3-4 （3）东汉榫卯砖的背面（长28.3厘米，宽28.1厘米，厚8.8厘米）

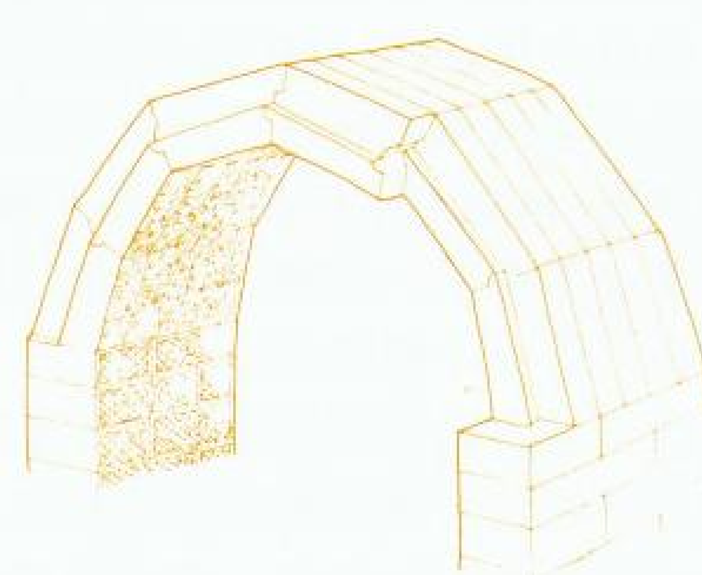


图8-3-4 （8）东汉拱壳砖墓实例之二

铺地砖的制造和使用，秦以前已经取得了成熟的经验。它在汉代的发展不像空心砖、条砖和拱壳砖那样活跃。

利用条砖和楔形砖铺地，这是汉墓中常见的现象。用条砖可以铺成席纹等十几种形式，充分利用了条砖通用性强的优点。直到现在仍为民间所沿用[18]。河卵石纹砖（图8-3-5）是檐下散水处铺的砖，其制法是在平坯上粘以模拟河卵石的圆形泥球[19]。此外，在广州秦汉造船工场遗址发现有大型铺地砖（宽70×70厘米，厚12—15厘米）。砖的四侧及底部布列着多个小圆洞，当是由于砖形厚大，有了小圆洞便于烧透。砖的质地坚实，砖面印有几何图案花纹。反映了汉代制作砖的水平[20]。

画像砖：

画像砖是镶嵌在条砖砌造的墓壁上的装饰砖。砖面上压印着凸起的图象。内容是当时统治阶级生前的图景和死后的排场。典型的画像砖是每砖一幅完整的画面，在四川等地最为流行。今天已经成为反映汉代社会生活的形象资料[21]。

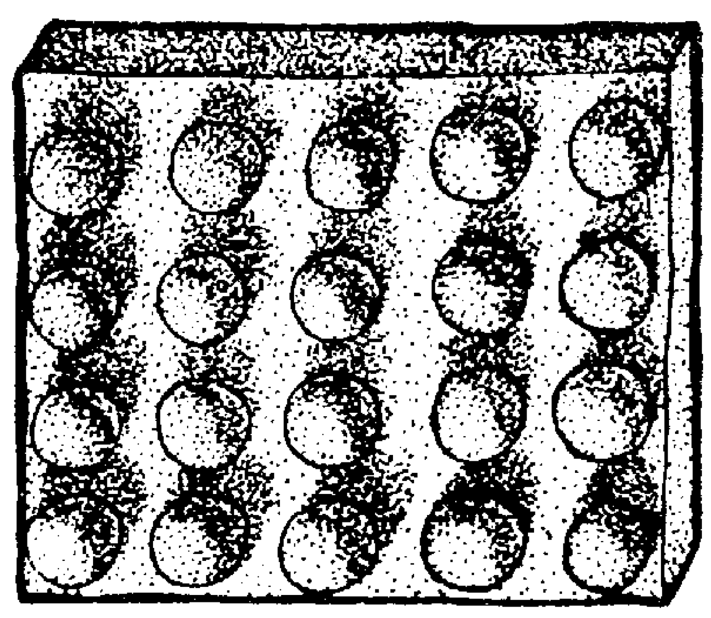


图8-3-5 卵石纹铺地砖

（三）魏晋以后的制砖技术

经过两汉时期的长期摸索，各种异型砖逐渐为通用性最强的条砖所代替。条砖的应用更为广泛，其产量也显著增长。魏晋以后的砖几乎就是指这种形体简单用于砌筑的条砖。

魏晋南北朝时代是我国历史上由动荡到安定，由分裂到统一的时代。民族的大融合使砖的制造技术在全国范围内传播和发展。条砖的应用不仅广泛流行于汉族地区，一些少数民族也在使用，中国历史博物馆所藏的刻划有“独孤良良”文字的条砖就是北方少数民族制砖工匠的题名[22]。

由于条砖的大规模生产，砖的建筑中的地位就显得重要而突出，地面上的建筑用砖来砌造已经是比较常见的了。同时用砖数量较多的是城墙。例如后赵用砖包砌邺城城墙，东晋义熙年间用砖包砌建康城墙，南朝刘宋用砖包砌徐州城墙等等。高层的砖塔也出现了。北魏正光四年（523年）所建的嵩岳寺塔至今巍然屹立。

以塔为标志，条砖的使用进入了高层建筑的阶段。嵩岳寺塔位于河南省登封县嵩山之麓，当地虽有着丰富的木材和石材，但砖比石头容易加工。砖耐火防火则明显地比木材优越。垂直运输小块条砖显比沉重的梁柱或石块容易。这座高约40米的塔，用素面条砖砌筑，可见条砖的优良性能已为人们所公认。

我国古代条砖常印有文字，其内容有纪年、吉祥语和制造人姓名等。一九五四年清理的广州西郊晋墓，墓内砖都捺有各种文字。其中有“永嘉七年癸酉皆宜价市”等。“皆宜价市”反映了商贾意识，是适用于对商人的祝愿。看来当时在商品经济发达的广州，砖也是商人的销售对象了。

统治阶级上层所用砖是专门烧造的。例如山西大同魏司马金龙墓所用的条砖约有五万块。“模端一侧有阳文‘琅玡王司马金龙墓寿砖’十字。”可见这样大量的墓砖都是特制的。[23]

偏安一隅的南朝统治者，生前腐化堕落，死后还要建造奢华的墓室。其中的模印砖壁画在制砖工艺上表现了高度的技巧。一号墓模印砖壁画长2.4米，高0.8米，由条形砖拼砌成，制作时把图画的线条分块刻有模板，印成几百块砖坯，经烧制后按设计的顺序砌成墙壁，印成大幅的壁画。木模上印刻的线条流畅有力，由小面积所组成的大画面准确整齐。这要求设计、刻模、和泥、制坯、砌筑等各道工序都要有严格的要求[24]。

这种印在条砖上砌筑成墙的大幅壁画的精巧工艺，反映了当时条砖的生产在装饰性方面也大有发展。

南北朝时期，砖的生产管理已经是以承重条砖为主。但主要仍是用于坟墓、砖塔一类建筑，整个说来生产量不大，生产效率不高。

唐代是我国封建经济繁荣的时代。表现在制砖技术上则是承重条砖趋向普及。砖塔已更多地取代木塔，著名的西安大雁塔、小雁塔等都是以火候均匀、质地坚硬的素面承重砖砌造而成。连云南大理等边远地区也都有高层的砖塔出现。

唐代条砖的明显特点是，表面上不再象汉魏两晋那样压印着纹饰。从有纹饰变成没有纹饰，反映了制坯工艺的变化。在条砖侧面压印纹饰就必须用可以拆开的木模一块一块地制坯。而素平的条砖则可用固定的砖斗。唐代砖构建筑发展迫切要制砖技术迅速提高生产效率。制坯工艺的改进，正是为了适应这一要求。素平条砖在唐代普遍起来，应该说是唐代用砖量增大的表现。

由于砖面素平无纹饰，所以砌筑时可以将砖面进一步磨光。用这种经过磨光的砖所砌筑的建筑，更显得精细和整洁。

唐代铺地砖的使用更为普遍，在当时远离京城的地方，如渤海、高昌等遗址也都出土过与中原地区纹饰风格相同的铺地砖。

当时铺地方砖有素面的，也有纹饰的（宋代谓之“华砖”）。素面的铺于平处，有纹饰的铺于慢道上，有防滑的作用[25]。华砖也可铺于平地。

宋代以前砖的规格还不统一。即如南唐陵墓所用的砖，其规格也还是很不一致的。宋代《营造法式》对于制砖技术进行了总结推广。对于功限、用料以及砖的规格尺寸都作了统一规定。这种规范化使得大规模建筑活动有了方便的条件。宋代的城砖往往由很多地方分别烧造，运至建筑地点统一使用。如广州城在南宋时不断修建，所需城砖就是由所属州县造送的。因此砖的统一十分重要[26]。

综合宋《营造法式》关于造砖技术的规定，见于表3。

《营造法式》规定了砖的类型共有十三种，常用的只有五、六种。类型简单明确。砖的尺寸

表3《营造法式》关于造砖技术的规定

名称	类型	尺寸（宋尺）	主要用途	每一工日可制砖坯数（块）	焙烧十块砖需用麦草数（束）（每束重二十斤）
方砖	1	2×2×0.3	11间以上殿阁铺地	10	8
	2	1.7×1.7×0.28	7间以上殿阁铺地	16	62
	3	1.5×1.5×0.27	5间以上殿阁铺地	27	5
方砖	4	1.3×1.3×0.25	殿阁、厅堂、亭榭铺地	39	3.8
	5	1.2×1.2×0.2	行廊、小亭榭、散屋铺地	76	2.6
条砖	6	1.3×0.65×0.25	砌墙壁画与4型通用	82	1.9
	7	1.2×0.6×0.2	砌墙甃井与5型通用	187	0.9
压阑砖	8	2.1×1.1×0.25	砌阶唇	27	8
砖碇	9	1.15×1.15×0.43	?	39	2.6
牛头砖	10	1.3×0.65 一端厚0.25 另一端厚0.22	城墙	90.2	1.71
走趄砖	11	1.12×0.2 面宽0.55 底宽0.6	城墙	187	0.9
趄条砖	12	0.6×0.2 面长1.15 底长1.12	城墙	187	0.9
镇子砖	13	0.65×0.65×0.20			

全部模数化，适合于彼此搭配，互相代替，有广泛的适应性。

由《营造法式》规定可以看出，宋代制砖基本上已不再压印纹饰。只是铺地砖中有很少一部分才盘“龙凤杂华”。对于纹饰亦无具体规定，而且不论有无纹饰，制坯工限都一样，可见当时已把砖面上压印纹饰置于非常不重要的地位。在制作方法上，有无纹饰，其方法也应是相同的。

当时的宫殿建筑所用的铺地方砖和砌筑条砖需经过斫和磨。这就是后世所谓的“磨砖对缝”。一尺三寸的条砖，每一工日只能加工40块，比造坯慢一倍多。由此可见，素面砖墙的砌筑质量具有很高的工艺水平。

此外，还有“事造剜凿”，即用砖刻制“地面斗八、龙凤华样、人物、壶门、宝瓶之类”。砖的雕琢加工代替了制坯时的模压纹饰。这种砖刻艺术在宋代以后有了进一步的发展。

除了《营造法式》规定的砖型外，贴面砖等也有所发展。像河南开封的繁塔就是用压印有佛像的方形贴面砖贴面的。

制砖技术，发展到宋代已达到成熟水平。由于砖的大量使用，对于木结构建筑的面貌也发生了愈来愈明显的影响，用砖砌成的阶基和墙壁，有利于防阙防水，木构出檐也就相应变短了。

宋代以后，在制砖技术上继承了历史上的经验和砖在民间得到普遍的应用，因此在砖的使用范围和砖的生产数量上都是空前的。

由于火药的普遍使用，火攻武器威力渐大，迫使作为防守用的城墙非变得坚硬起来不可。闻名中外的万里长城的重要段落，在明代进行了包砌。其工程之大，用砖之多是前所未有的。其他如南京、北京、西安等重要城市和很多州县都用砖砌起坚固的城墙。

明代还出现了全部用砖砌成的殿宇——无梁殿。一般建筑除采用砖墙而外，还出现了“一眠之上施侧砖一路，填土砾其中以实之”的空斗墙[27]。空斗墙用砖较省，使砖的应用更为普遍。

由《天工开物》记载，明代民间烧砖已有用煤做燃料的。其制坯方法是：“汲水滋土，人逐数牛错趾踏成稠泥，然后填满木框之中。铁线弓戛平其面而成坯形”（图8－3－6）。使用畜力炼泥，提高了生产效率，降低了人的劳动强度。

明清两代都在山东临清设砖厂烧造宫廷用城砖。在苏州烧造甃砌正殿地面的“细料方砖”。临清土质细腻，所制的城砖强度很高。苏州的土质含胶体物质多，塑性大，制成的铺地砖，质地密实。这种砖敲起来有金石之声，被称作“金砖”。

这些砖尽管质量很高，但这种高质量只说明了统治者的高压政策，而技术上则比民间生产更为落后和保守。从明《工部厂库须知》关于制砖的规定，可以明显的看出这一点。（表4）

以二尺方砖为例：《营造法式》规定每工造坯10块，明每工造坯4块。宋每烧一块用柴草16斤，明每块用柴120斤，显然浪费之极。

造成这方面的原因是多方面的。封建统治阶级挥霍无度，不计工本，是主要原因，而落后的“工役”制度也束缚了生产力的发展。《明会典》载：“国初造作工役，以囚人罚充。”工匠的待遇低下，生产积极性不高。烧砖瓦的“黑窑匠”是一年一班的“轮班”工匠。每年都要到京服役，负担非常沉重。在这种情况下，生产效率不高，技术发展滞缓是必然的。表明成为生产力发展桎梏的官僚手工业机构已因腐败落后无法维持下去。而商户虽对窑匠工人进行剥削，但另方面又受到封建官僚机构的压迫，稍不如意，则“除不准等价外，仍以烧造不如式罚之”，遭到刁难勒索。砖瓦制造技术，在封建社会后期，处于停滞不前的状况。

表4　明“黑窑厂”烧造各式砖的规定

名　称	尺　寸（明尺）	每工造坯定额（个、块）	每烧一块砖所需要的柴数（斤）
方　砖	二尺	4	120（万历时拟减10斤）
	尺七	6	90（万历时拟减10斤）
	尺五	10	70（万历时拟减6斤）
	尺二	13	50（万历时拟减4斤）
大平身砖	长一尺六寸 宽一尺	9	70（万历时拟减6斤）
平身砖		13	50（万历时拟减4斤）
城　砖		10	50（万历时拟减4斤）
板　砖			40
斧子砖		26	40
券副砖		24	40
望板砖		60	70
混　砖		100	
沙板砖		100	

（此表据明《工部厂库须知》卷之五整理）

二　砖瓦焙烧技术的发展

焙烧是制砖生产的重要环节。由于瓦的焙烧

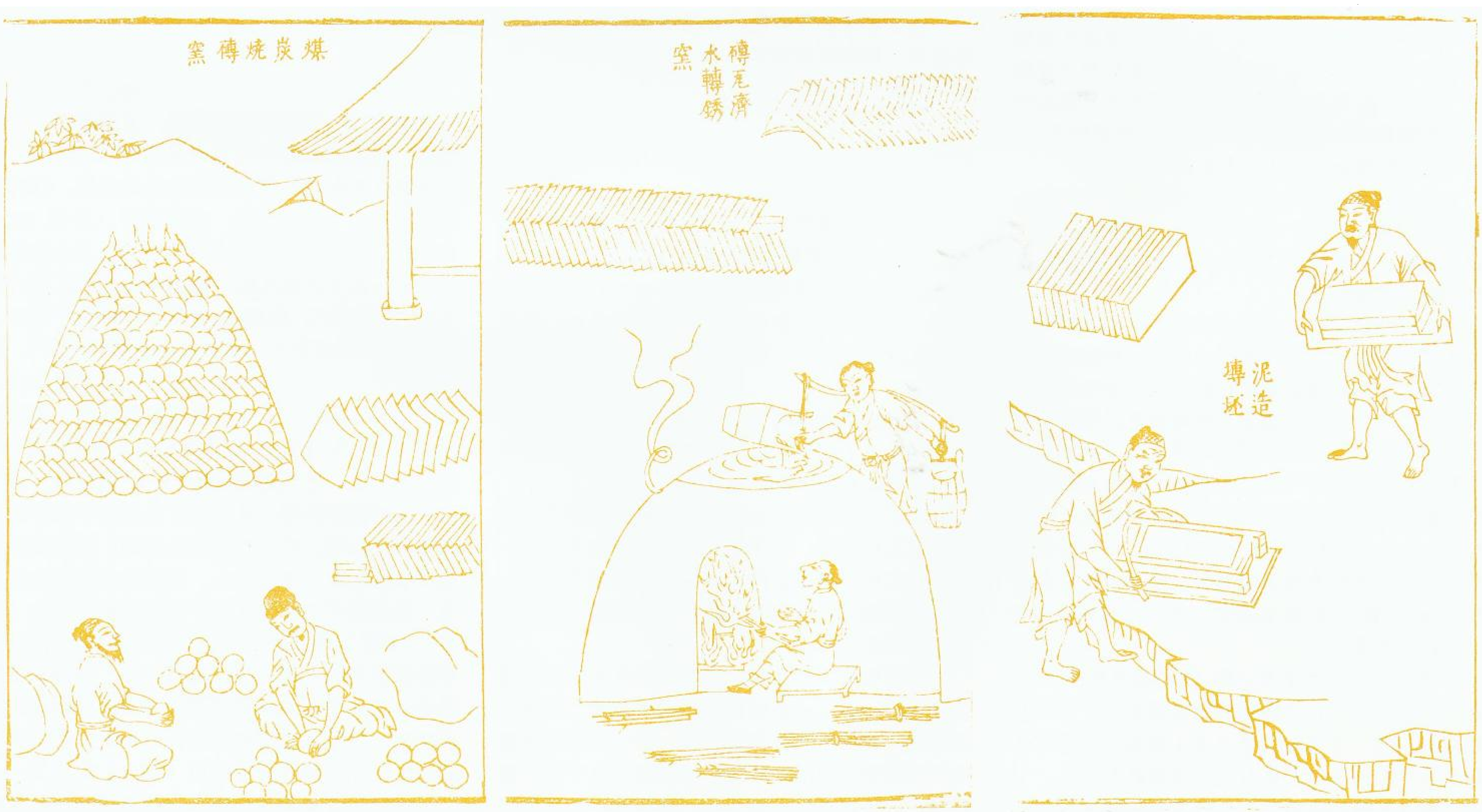


图8-3-6　《天工开物》砖瓦窑

和砖相同，因此把砖瓦的焙烧合并在一起阐述。

我国古代砖瓦焙烧技术在世界上独具一格，明显的特点是以烧造青砖青瓦为主。

我国的制陶工艺，远在新石器时代晚期就已达到相当成熟的水平[28]，积累了丰富的经验，为砖瓦的焙烧奠定了基础。我国古代砖瓦焙烧技术的原理、方法和发展道路深刻地受到制陶工艺的影响。特别是关于氧化焰和还原焰的合理运用，使砖瓦的焙烧技术在开始的时候就具有很高的工艺水平。

燃料在空气充足的情况下燃烧所产生的火焰为氧化焰。所形成的气氛叫氧化气氛。陶坯中的铁质在氧化气氛中转化成三价铁（Fe^{+++}），烧成的陶器呈桔红色。红砖和红瓦以及仰韶文化的红陶，就是在氧化焰中烧成的。

燃料在空气不充足的条件下燃烧，产生的火焰为还原焰。所形成的气氛叫还原气氛。陶坯中的铁质在还原气氛中大部分转化为二价铁（Fe^{++}），烧成的陶器呈青灰色。

龙山文化的灰陶充分发挥了氧化焰和还原焰的作用而烧成的。先用氧化焰大火攻烧，到烧成末期再用还原焰"焐窑"，烧成的陶器呈灰黑色。这种在烧成末期调节气氛性质以改变陶器色调的方法是我国原始社会制陶工艺上的重要成就。

传统的青砖青瓦，正是继承了龙山文化灰陶的传统而烧制的，所以青砖青瓦也可以说是一种灰陶。

龙山文化时期，还有一种薄胎黑陶，通体墨黑，表面有光泽。"它的黑色是由于在烧成晚期用烟熏法进行渗碳的结果。它的光滑和带有光泽的表面是在半干的陶坯上用鹅卵石等坚硬而光滑的东西进行打磨的结果"。[29]黑陶的制造和焙烧方法亦曾应用在制瓦上，这种瓦在宋代称"青棍瓦"。青砖青瓦在坚固耐用和抗腐蚀性上都比红砖红瓦强得多，突出地以青砖青瓦为发展的主流，是我国古代焙烧砖瓦工艺的成就之一。

秦代以前焙烧砖瓦用直焰陶窑。直焰陶窑的窑积小，构造简单，一般由火膛、窑箅、窑室、烟囱组成。下部火膛燃烧的火焰透过窑箅升到窑室，由上部烟囱逸出。

陕西长安沣东曾发现西周晚期的窑群[30]。这些窑里不仅烧制日用器皿，同时亦烧制建筑用瓦。瓦的大小与西安半坡仰韶时期的陶窑相似，窑室直径约为1米，窑顶大约是由草泥做的圆拱顶，顶中间穿一个洞作烟囱。窑室与下面的火膛隔着一层厚0.35—0.4米的窑箅，这是挖窑时预留的黄生土，窑箅上有直立的椭圆形箅孔，大约有四、五个孔。考古发现火膛底部留下约20厘米厚的草木灰和牲畜粪干的灰烬。牲畜粪可能是压在柴草上使之不完全燃烧，产生还原焰，作为"焐窑"的措施。

秦咸阳遗址的渭水北岸，曾发现有陶窑[31]，其大小和形式与沣东的西周窑室差不多，窑室直径为1.32米。考古发现窑内软土的包含物中有砖块瓦片等。可见这座陶窑当亦兼烧砖瓦。

砖瓦在陶窑中焙烧，反映出当时砖瓦的生产和制陶还没有分家，砖的产量还不多。开始时对于制陶的技术要求除了一定的数量而外，主要的是质量精美。砖瓦在开始出现时，其质量就已经够高了，所以尔后对于砖瓦的烧制要求主要是数量增多而引起的变革。这一点秦代以前还没有反映出来。

由西汉开始，砖瓦生产成为独立的手工业，有了专业砖瓦窑。从辽阳三道壕西汉末年的村落遗址发掘材料看[32]，有七座砖窑散布村中，每窑每次约可烧砖1800块。有两座窑共用水井、土窑和炉灶等，好象是两座窑轮烧，以提高生产率。

汉代砖瓦窑属于横焰窑。火焰在窑内由前往后横穿而过。这比起直焰窑来是很大的进步（图8－3－7）。

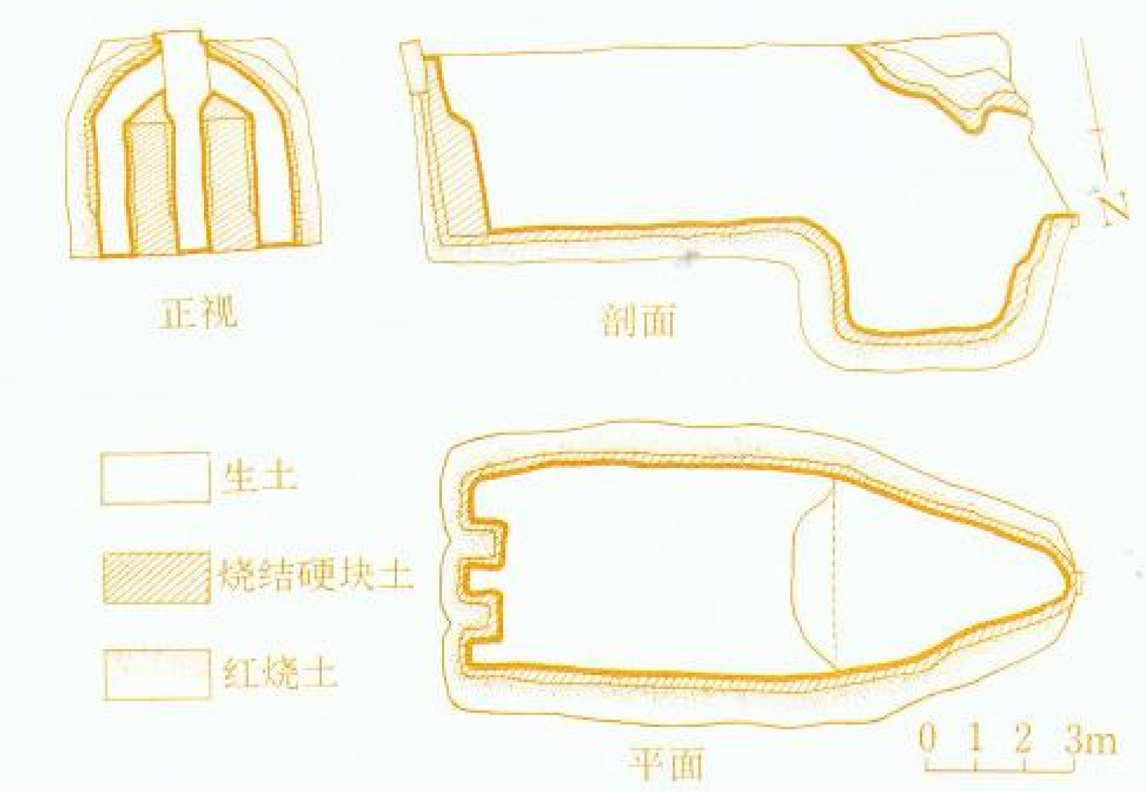


图8-3-7　甘肃酒泉下河清汉代砖窑——三号窑后壁

直焰窑的薄弱部分是窑箅。窑箅受压后容易塌落毁坏。这就限制了窑室的容量，每次只能烧几件陶器或少量的砖瓦。

横焰窑免去了窑箅。火膛不在窑室下面而在其前方，烟囱不在窑室的顶上，而在其后部。前端小后部大，平面呈马蹄形。火焰由火膛烧成，横穿窑室，由后部的烟囱逸出，窑室的形状符合热空气在窑内流动和铺散的规律，因而可以使被烧的坯体得以均匀地受热。

横焰窑的窑室大，烧成周期长，烧成之后封窑也比较困难，尤其是当窑温降低后形成"负压"。室外的新鲜空气挤入窑内，容易改变窑内的还原气氛，使还原成青灰色的成品重新被氧化，形成紫红色的"返火砖"。这种情况在汉代空心砖上有所反映。

山西大同北魏司马金龙墓也有不少"花脸砖"[33]。可见在大量生产的情况下要烧制出颜色深浅一致的青砖是很不容易的。

为了寻求解决的办法，有些地方出现了简化烧砖工艺的办法，只用氧化焰烧砖，免去焐窑、封窑的工序。汉代洛阳地区偶尔也烧红砖[34]，广东沧洸镇发现南朝到唐的一些砖室墓就是叶脉纹的红砖砌成的[35]。

烧制红砖，虽然能在大量焙烧的情况下取得色调一律，但是一窑烧成后仍要冷却很长时间才能出窑，砖窑的周转率还不高。这还是不能适应发展的需要，何况青砖在焙烧过程中由于碳沉积作用，比起红砖来孔隙率小，耐腐蚀，抗风化，质量上有着明显的优点。因此，一项既能保证砖的质量又能缩短烧成周期的重要技术应之而起，出现了"窨水法"，就是在烧成末期到封窑冷却阶段，由窑顶往窑室缓缓渗水而迅速冷却的方法。这项新工艺在宋代称作"窨水"（见《营造法式》）。在明代称作"济水"（见《天工开物》）。近代又称之为"饮窑"。

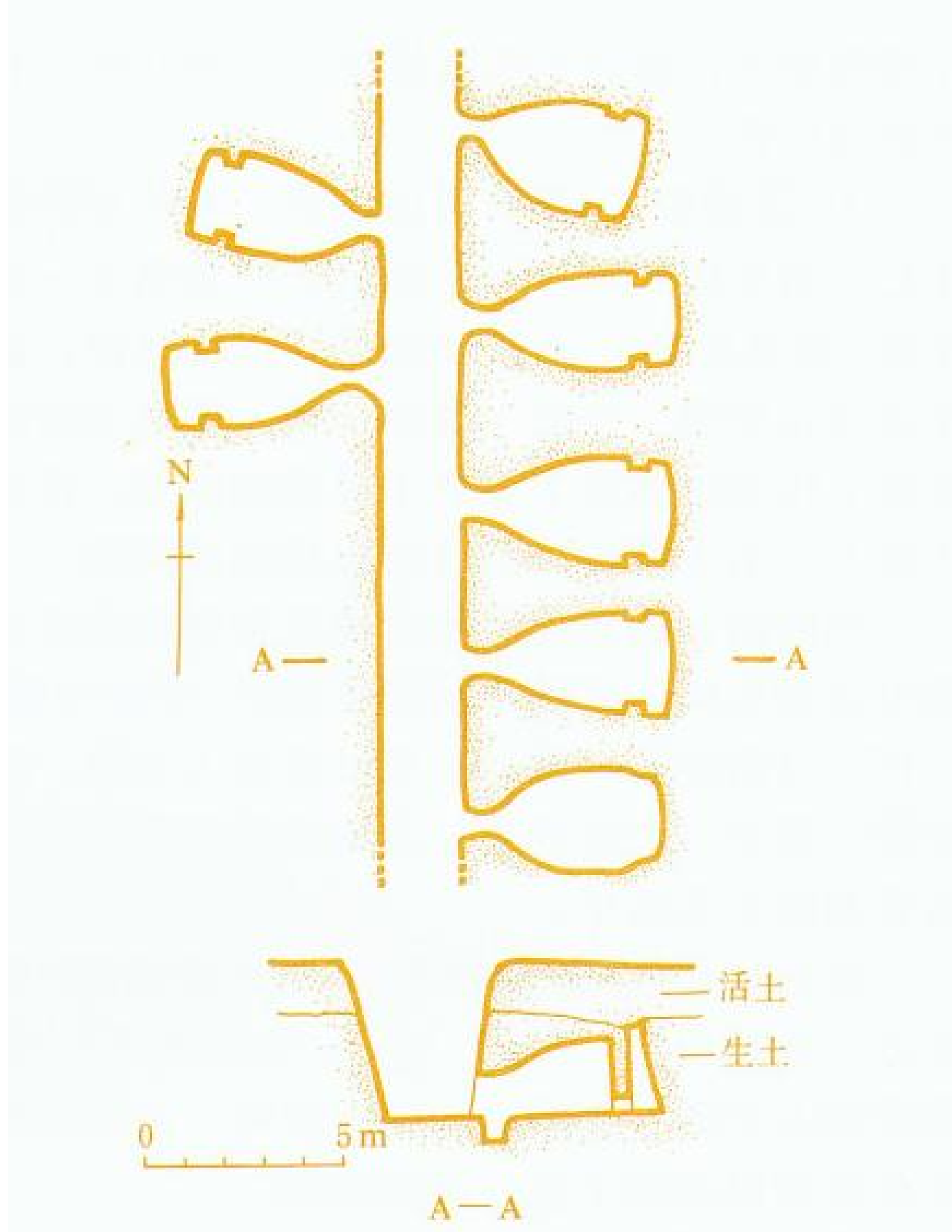


图8-3-8　洛阳隋唐宫城内的烧瓦窑窑区平面、剖面图

水由窑顶缓缓下渗，进入窑室，遇到高温化为蒸汽。蒸汽压力保证了在窑温逐步下降的情况下，窑室内不会出现"负压"。窑外空气不能进入窑室，窑室内的还原气氛可以一直保持到冷却，确保砖瓦为青灰色。窨水化为蒸汽，大量吸收热量，使窑温迅速降低，缩短了烧成周期，提高了生产率。

烧砖窨水起于何时，现在还难以考证。辽阳三道壕遗址，砖窑附近多有井，这是值得注意的情况。这项技术有可能在南北朝时已逐步推广。首先普及的大约是南朝经济发达的地区。《南史·王彭传》有一段故事说，元嘉年间（公元424—452年）贫穷的王彭兄弟佣力为生，"乡里并哀之，乃各出夫力助作砖。砖须水而天旱，穿井数十丈，泉不出"。后来据说是"天"怜悯了王彭，"在砖灶前忽生泉水，乡邻助之者并嗟神异"。在这段有神秘色彩的故事中，泉水出现于砖灶前，似乎说明是用来窨水而不是和泥制坯的。南朝的大型砖室墓用砖多至10万块左右，但砖色青灰，整齐，纯正，这大约是由于"窨水"的原故。

大约隋唐以前，瓦和砖已分别由专门的瓦窑和砖窑来焙烧。由于瓦坯脆薄易碎，不能垒得太高，所以瓦窑一般都较小。隋唐洛阳宫城的烧瓦窑，通过成群的小窑满足产量的需要（图8－3－8）。保存得相当完整的四川高枧的唐代瓦窑[36]和隋唐宫城的瓦窑结构，规模相似。隋唐瓦窑的建造方法多是在地面斜坡处沿水平方向掘进，构成窑室。窑室顶部保留着原有的生土，其后室上部掏出一个孔洞作为出烟口（图8－3－9）。

小型的瓦窑使用灵活，但是焙烧工作比较麻烦，而且燃料耗费也比较大。

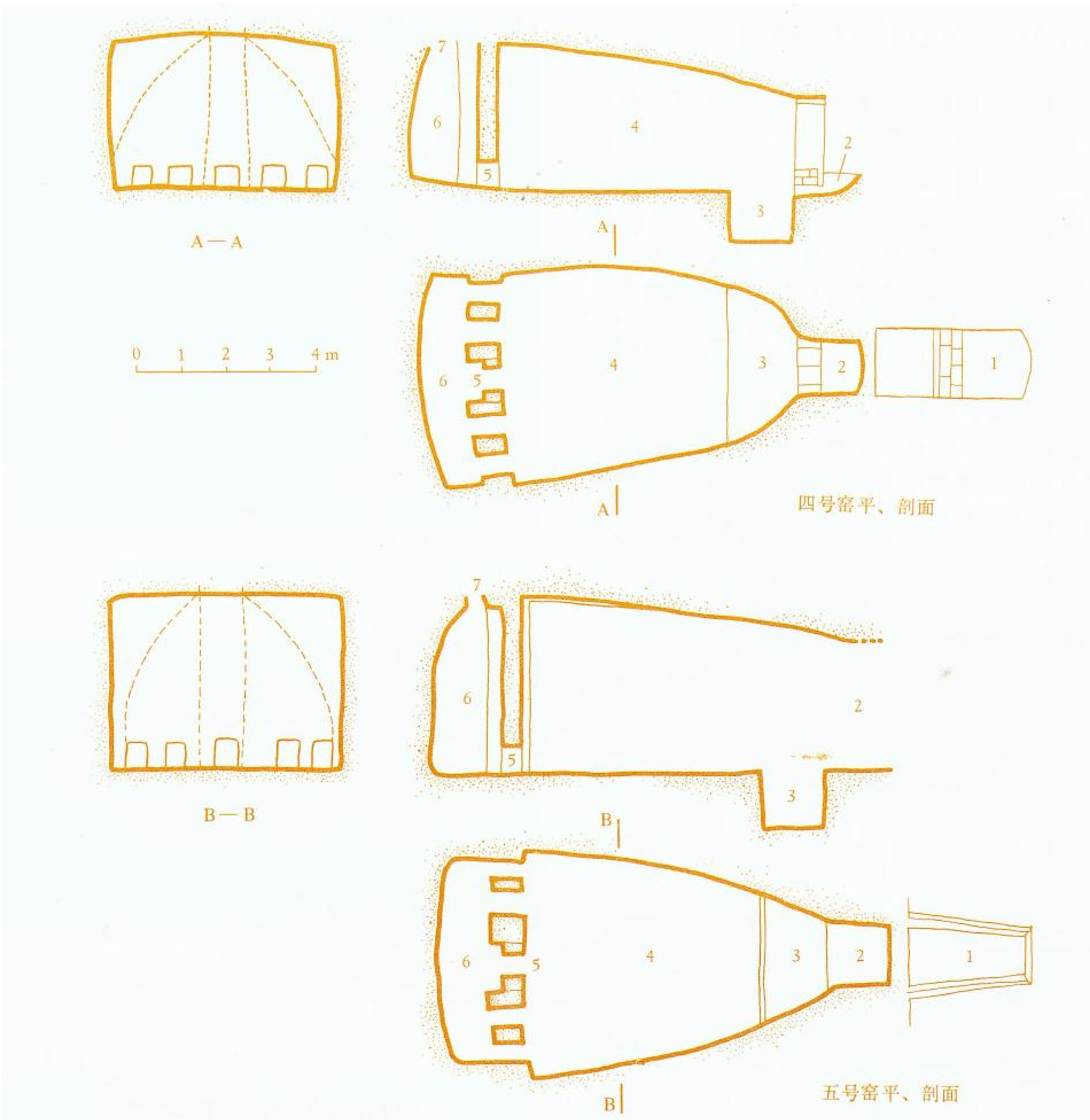


图8-3-9 洛阳隋唐宫城内的烧瓦窑四号窑及五号窑的平面、剖面图

1.窑门；2.窑道；3.火膛；4.窑室；5.排烟孔；6.烟室；7.烟窗口

砖坯比瓦坯厚而耐压，砖窑的窑室可以有较大的高度。当窑室高度发展到大于其平面长度的时候，则成为倒烟窑了。火焰由火膛升起，先上升到窑顶，碰到顶部返回倒而向下，经底部的出烟口子进入烟囱。火焰在窑室内先升后倒，回旋的路线长，盘桓的时间久，不象横焰窑那样一通而过。因而热量得以充分利用，大大节约了燃料。

倒烟窑产生的时间尚待实物证明。按《营造法式》规定，“大窑高二丈二尺四寸，径一丈八尺”，另一种曝窑“高一丈五尺四寸，径一丈二尺八寸”，两者都是圆形的倒烟窑。可见倒烟窑在宋代已普遍存在。

广东潮安的唐代砖窑[37]尚属横烟窑。

倒烟窑窑室适于由顶部往下窨水，嵩山的法王寺塔，砖的颜色是均匀的青灰色。著名的唐塔如大小雁塔等所用的砖都看不到“返火”现象。大规模烧砖不返火，应该是有窨水的方法加以保证的。

宋代砖瓦的焙烧技术，在封建社会里已经是集大成的时代。宋代称焙烧为“烧变”。由《营造法式》窑作制度的规定看，当时焙烧砖瓦的主要燃料是低质的茭草。瓦坯比砖坯易烧，宋代砖瓦同窑合烧“搭带烧变”，反映出当时已能利用窑室中各部分温度的不均匀来使砖瓦一同烧成，不仅生产工序简化，而且避免了“欠火”和“过火”的问题。烧成周期也大为缩短。宋代在具体烧法上充分了解砖瓦坯焙烧的变化过程，对于所谓“烧变次序”有着严密合理的规定，准确地运用了氧化、还原、渗碳等方法。

当时的砖瓦窑按其烧法不同分所谓“素白窑”和“青棍窑”。普通青灰色砖瓦焙烧为“素白窑”。“青棍窑”则是专指焙烧“青棍瓦”所用的瓦窑。

《营造法式》卷十五规定的“烧变次序”是：“凡烧变砖瓦之制：素白窑，前一日装窑，次日下火烧变，又次日上水窨，更三日开候冷透，及七日出窑”。关于窨水的规定，这是所见到的最早文献。由这项规定可知，宋代一般间歇式窑的烧成周期是七天。

青棍瓦分两种；一是“茶土棍”，一是“滑石棍”。“茶土棍”瓦坯经过打磨，在掺涂“茶土”之后再行磨光。在烧法上没有特殊的工序。

“青棍窑”是指“滑石棍”的烧法，这其实是一种还原气氛并有渗碳效果的烧法。装窑烧变与“素白窑”同，不同的是：“青棍窑烧茭草、次蒿草、松柏柴、羊屎、麻糁、浓油、盖罨，不令透烟”。

青棍窑先烧茭草，使用氧化焰让窑内达到烧成温度。在烧成末期，在还原气氛时，用熏烟法进行渗碳。松柏柴之类燃烧时所产生的浓烟内含碳很多。在被羊屎、麻糁、浓油压置时，由于空气不足形成不完全燃烧，则产生大量的浓烟。烟中的碳素沉积于坯体表面，使成品成为黝黑色。素白窑在烧还原焰阶段，虽亦有渗碳作用，只是附带的。

青棍瓦焙烧时，经过渗碳，质地密实，孔隙小。坯面又经擦拭打磨并加滑石粉“棍抈”，所以表面黝黑有光泽，这种青棍瓦的实物在唐宋建筑遗址上（如长安大明宫等）常有发现，属于高级瓦料。

青棍瓦所用燃料耗费较多，茭草比“素白”多用了一倍。而且每600块长一尺四寸的大型瓪瓦，另外尚需要“羊粪三箩，浓油一百二十斤，柏柴一百二十斤，松柴、麻糁各四十斤”。成本很贵，属于高级瓦料。

在辽阳市东南发现的两座辽代瓦窑址，都是砖筑圆形，窑门、火膛、窑状、烟道、风孔、烟突基部均保存完整。在窑址内外出土了不少板瓦和筒瓦[38]（图8-3-10），为研究辽、宋时期的砖瓦窑提供了直接资料。

由宋到明清，砖瓦焙烧技术的发展是缓慢的，特别是封建皇室思想上的保守，给制砖技术以种种限制，在生产上起了阻碍作用。但由于社会上对砖瓦的要求数量越来越大，民间的砖瓦生产有了新的起色。砖瓦的生产普及各地，窑室容积增大，构造上也有不少改进。

明清在苏州烧制铺地“金砖”。明代在苏州主持过烧砖的工部郎中张问之写过一部《造砖图说》，据说入窑后要以穅草熏一月，片柴烧一月，棵柴烧一月，松枝柴烧四十天，凡百三十日而后窨水出窑[39]。尽管烧出的砖有“金石之声”，但从技术上看则是保守落后的。张氏当时是烧砖的负责官员，他的关于“金砖”烧法的记载或者有所夸张，但是封建统治阶级片面追求质量，不惜人

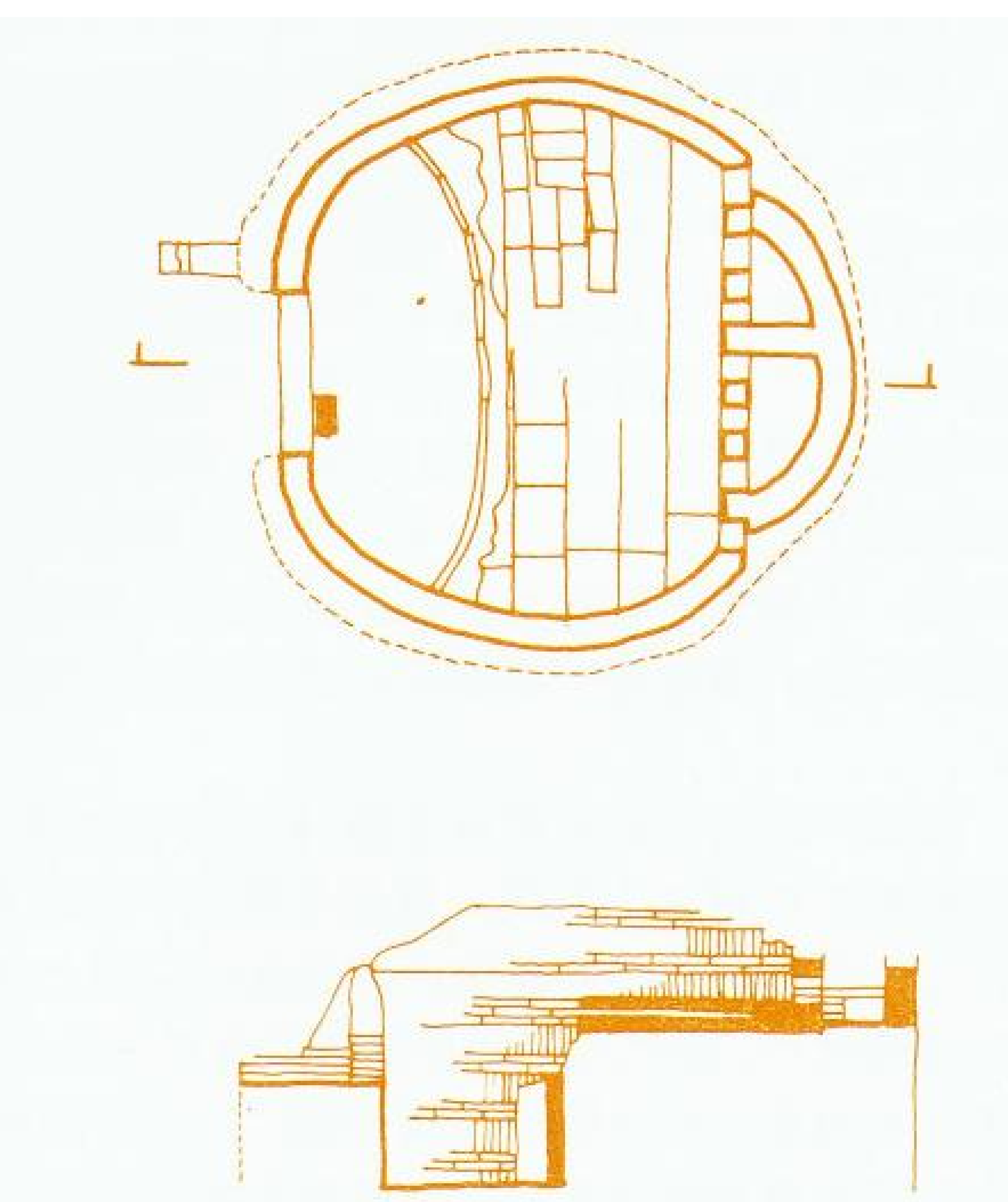


图8-3-10 辽阳鹅房辽代瓦窑示意图

力物力，不计成本的情况，正是封建统治阶级挥霍浪费的一种表现。

明清在山东临清烧制城砖，窑群连绵，但每座窑的容积并不大。由遗址推测，每窑烧“皇砖”不过二、三千块。连续烧了几个世纪的窑址附近，并未发现煤渣的堆积，可见所用的燃料一直是柴草。

明清宫殿和大型建筑多用琉璃瓦，唐宋时代独具特色的青棍瓦竟完全被淘汰了。

明代出现了资本主义萌芽，使得作为商品生产的砖瓦向“工场手工业”转化。民间的砖瓦焙烧技术有较大的进步。倒焰窑直径有的大到 8 — 9 米，高度 10余米，一窑烧成的砖瓦达数万块。窑室容积扩大，烧火技术复杂化。所以焙烧技术必须由专门人员掌握。观辨火色，决定烧火方式的是一窑的最高技术负责人——“陶长”。焙烧技术的专业化，是技术发展的结果，同时也是成熟的表现。专业化对于焙烧技术的继续进步，也是有促进作用的。

由于窑室扩大，结构上有了更合理的安排，构造上也有了更周密的考虑。布置在窑室周围的烟囱和排潮孔随窑的大小其数目多少不同，烟囱的下端口安排在窑壁底脚。排潮孔的下端口则安排在窑壁的中部。

排潮是指将砖瓦坯中所含水分排出窑外。焙烧开始，坯中所含水分形成蒸汽；上升到尚未烧熟的顶部，很易结露，影响窑温提高。设置排潮孔就是让水分顺利地逸出窑外。排潮阶段结束，则把排潮孔的上端封堵，然后继续焙烧。

窑室倾斜，使窑室上部大，下部小。不仅稳定安全满足大型窑室的工程要求，而且也适应了火焰回流的规律。

窑室的顶部窑礦，其截面近似于三心圆的曲线。这反映了当时为了使窑室内温度的高低尽量一致，在窑室构造上是经过一定设计的。

倒焰窑直径大到 8 — 9 米，已经很难再扩大。不仅窑内各部分温度难以一致，而且窑礦的砌筑工程也不易进行。

在陶瓷业中用煤做燃料，宋代已开始。但是用煤烧砖在文献上仅见于明代。据《天工开物》载：“若煤炭窑视柴窑深欲倍之，其上圆鞠渐小，并不封顶。其内以煤造成尺五径阔饼。段煤一层，隔砖一层，苇薪垫地发火。”这里不仅说明在明代出现了煤炭窑，而且是采用了“段煤一层，隔砖一层”的办法，和近代的围窑一样，把燃料和砖坯同时装入窑内，点火以后燃料烧完，砖亦烧成。其优点是生产能力大，一次可以烧几万块至几十万块砖，不受地形限制，可以就地烧制，节约砖的运输费用。围窑的出现是明清砖瓦窑的一大成就。

纵观中国古代砖瓦窑的发展，经历了直焰窑、横焰窑和倒焰窑三个阶段。虽然在宋代半连续的龙窑已经应用在陶瓷窑的生产，但在砖瓦窑上并没有得到应用。历代工匠都在努力探索扩大窑室，缩短生产周期，但并没有突破“间歇”式，所以中国古代砖瓦窑与陶瓷窑相比，并没有达到当时可能达到的先进水平。

第四节　瓦的制作技术

瓦是重要的屋面防水材料。它的出现有效地解决了屋面的防水问题，同时开始了我国生产陶质建筑材料的历史。

从考古发掘来看，我国古代建筑，在西周早期已经使用了瓦，至今已有三千年的历史。在漫长的发展过程中，我国古代劳动人民创造了板瓦、筒瓦、瓦当、滴水和一整套脊瓦、吻兽，种类繁多，造型丰富多彩，形成中国古代建筑外观上的特征之一。在材质上，除一般的灰陶瓦和少量的红陶瓦外，还创造了青棍瓦和琉璃瓦。琉璃瓦将在本章第五节阐述。这里，分别从瓦的类别形制和瓦的制作技术两个方面，叙述它的简要发展过程。

一　瓦的类别、形制的发展

陕西岐山县凤雏建筑遗址中出土了西周早期的瓦块。洛阳王湾、西安客省庄、扶风上康村、召陈村出土了西周晚期的瓦块。长安沣东古井遗址也出土了西周的瓦块。这些发现，虽然只是一鳞半爪，却十分珍贵，它们大体上反映了瓦的发展初期的一些特点。

从类别和形制上看，西周的瓦主要是板瓦。客省庄有一块残片，断面成人字形，可能是用在屋脊上的脊瓦[40]。扶风召陈村曾出土筒瓦[41]和素面半瓦当。可以说，最晚到西周后期，已具备了板瓦、筒瓦、半瓦当和脊瓦的基本类别（图 8－4－1）。

西周板瓦已具备弧面形、大小头的基本形状，尺寸都比较大。一般都带有瓦钉、瓦环。瓦钉、瓦环作于板瓦凸面的是仰瓦；作于板瓦凹面的是合瓦。脊瓦残片的折角内也有瓦钉。板瓦的凹凸

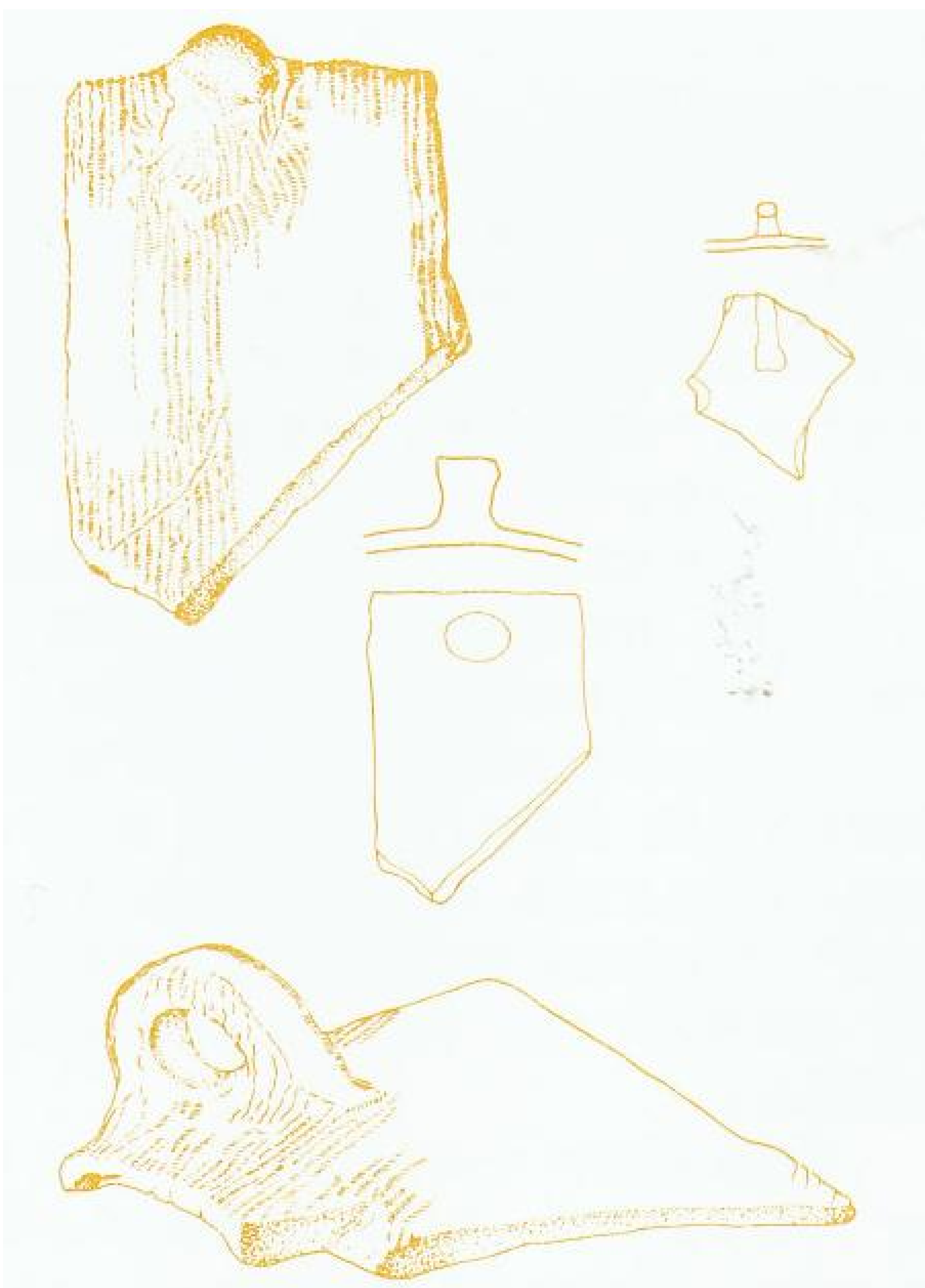


图8-4-1　带瓦钉与瓦环的西周板瓦（客省庄出土）

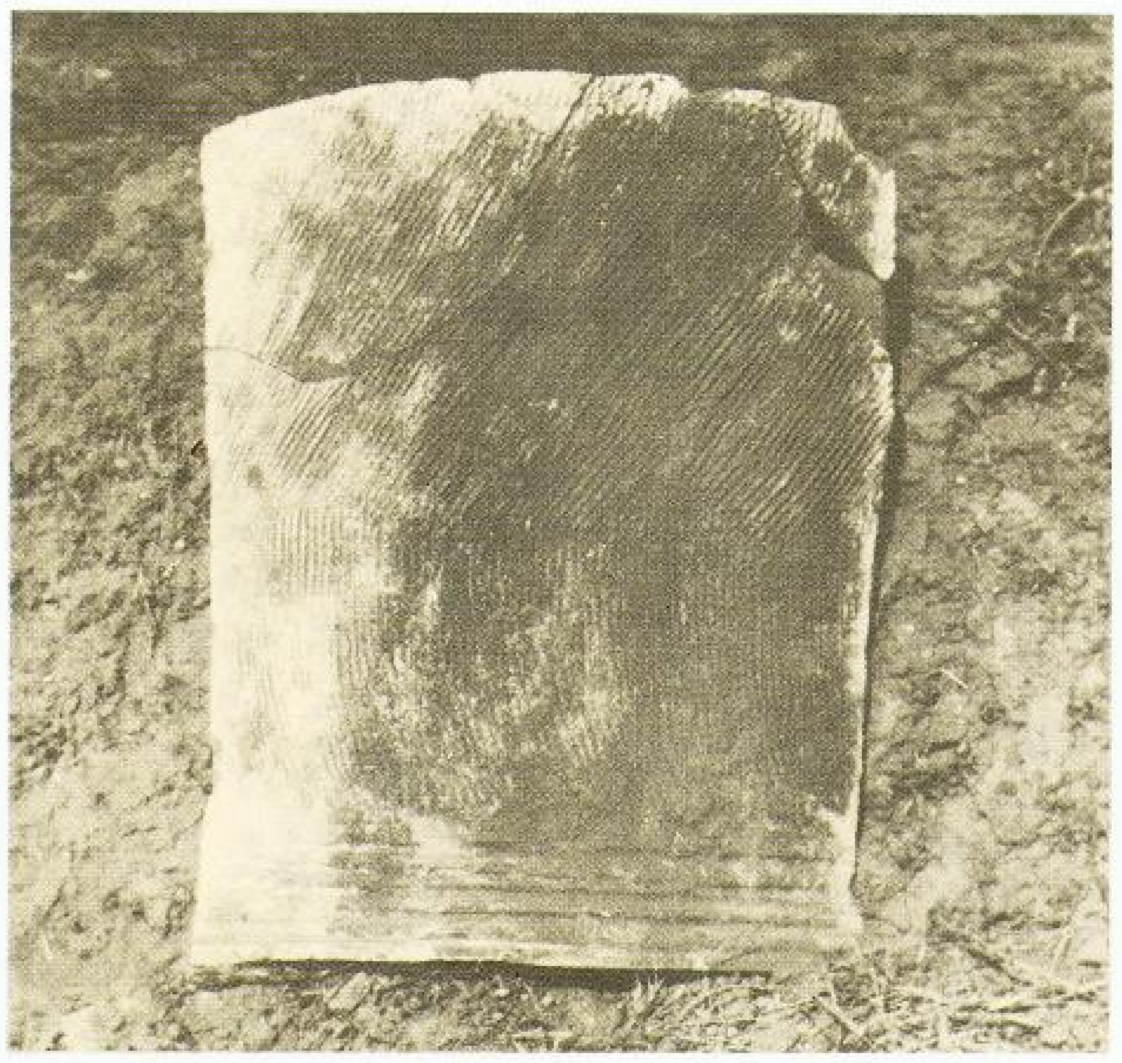


图8-4-2　（1）赵都邯郸城板瓦

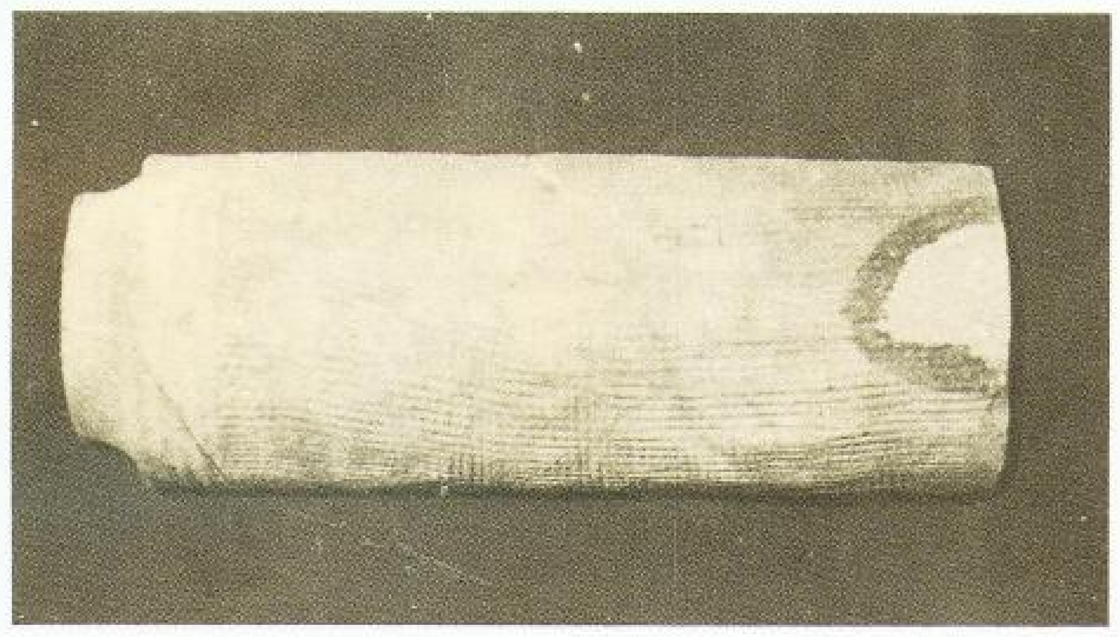


图8-4-2　（2）赵都邯郸城筒瓦

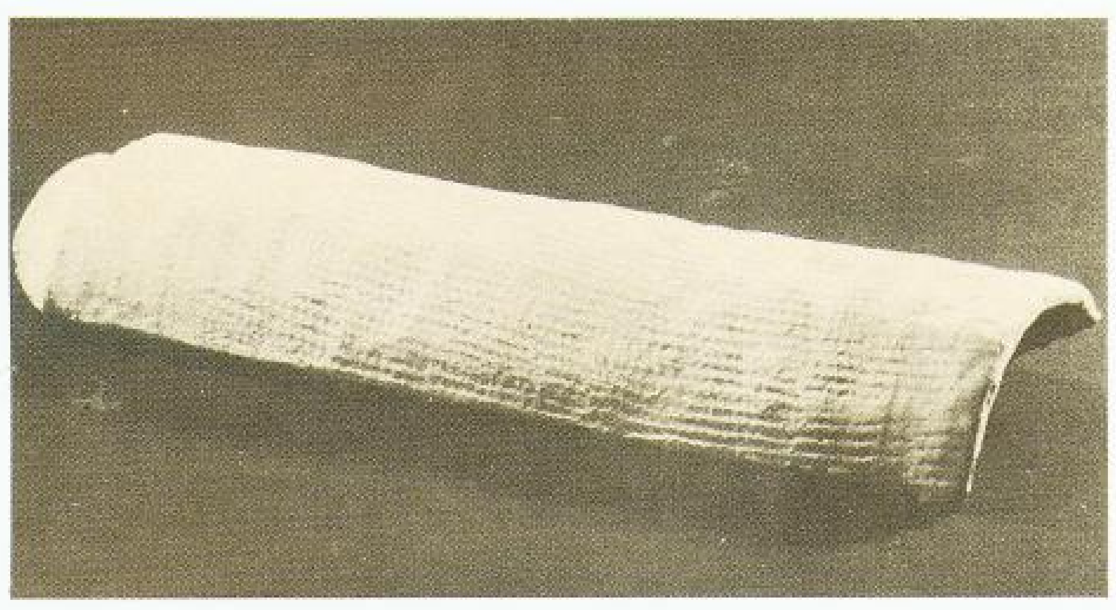


图8-4-2　（3）山东齐临淄城筒瓦

面作瓦钉和瓦环，意味着当时固定板瓦采用了两种方式。一种是屋面作了类似“苫背”的底层，以奶头形瓦钉埋入“苫背”内来固定瓦件；一种是未做“苫背”的“冷摊”屋面，用绳索穿扎瓦环来固结。值得注意的是，仰瓦都是横环，合瓦都是竖环，据此可以推测当时仰瓦和合瓦与椽条的绑扎构造。

到春秋时期，瓦的使用仍不普遍。《左传》上记载隐公八年“秋七月庚午、宋公、齐侯、卫侯，盟于瓦屋”，定公八年，“公会晋师于瓦亭”等。以瓦屋、瓦亭来命名地方，可见瓦屋、瓦亭在当时还不是普遍的。

到春秋末期和战国时期，瓦的使用就显著增多了。反映在《考工记》中，已有“葺屋三分，瓦屋四分”的规定。洛阳王城、侯马晋城、临淄齐城、曲阜鲁城、邯郸赵城、易县燕下都等等遗址，都遗存着数量可观的瓦块（图 8－4－2），在奴隶制向封建制过渡的大变革时期，在各诸侯国展

开“高台榭，美宫室”的大规模建筑活动中，由于生产力的发展，用瓦数量大增，瓦不仅成为屋面防水的重要材料，而且成为展现建筑艺术的重要手段。

战国的瓦尺寸一般都很大。燕下都老姥台出土的筒瓦最大，长达91厘米[42]，板瓦宽达51厘米[43]。同时也有小瓦发现。表明当时不仅大型建筑上用瓦，次要的建筑也采用瓦顶，而尺寸规格有区别。战国时期瓦的构造有了一项重要的突破，就是把瓦钉与瓦身分离（图8－4－3），这不仅有效地增强了瓦的固结，而且简化了瓦坯的制作。战国瓦钉有多种形式，一般钉身为尖锥形，钉帽为蘑菇形。钉帽表面印有凸出的菱形纹、多角星纹等几何形纹饰[44]（图8－4－4）。战国瓦件很着重装饰。燕下都的板瓦有的作云棂纹，筒瓦有的作蝉翼纹、黼黻纹等附加堆纹[45]（图8－4－5）。半瓦当的纹饰更为多样。洛阳中州路出土的东周半瓦当，有饕餮纹、涡形纹、V形纹、卷云纹、铺首纹、爪形纹等类别[46]。燕下都半瓦当有饕餮、双兽、云山等纹样，而以饕餮纹及其变体占绝大多数（图8－4－6）[47]。齐临淄城等地的瓦当花纹也优美多样（图8－4－7）。

秦汉是瓦发展的一个兴盛期。秦代“殿屋复道、周阁相属”的庞大建筑组群和两汉的大型宫苑工程，对瓦的数量、质量、品种都提出了更高的要求（图8－4－8）。西汉末到东汉时期，地主阶级住宅已普遍采用瓦顶。从出土明器来看，连地主阶级的作坊、仓房、碓房以至猪圈，都有采用瓦屋面的[48]。一般农民的住房，也有个别地区用瓦，如辽阳三道壕西汉村落农民居住遗

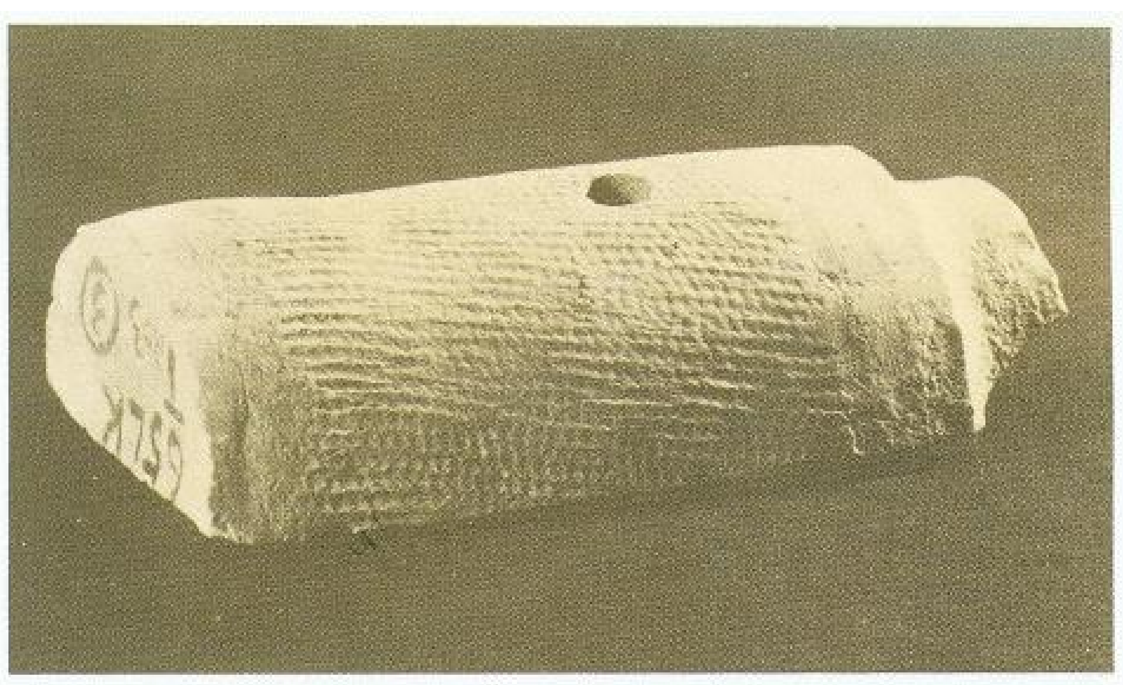


图8-4-3　山东齐临淄城瓦钉孔



图8-4-4　（1）汉代瓦钉

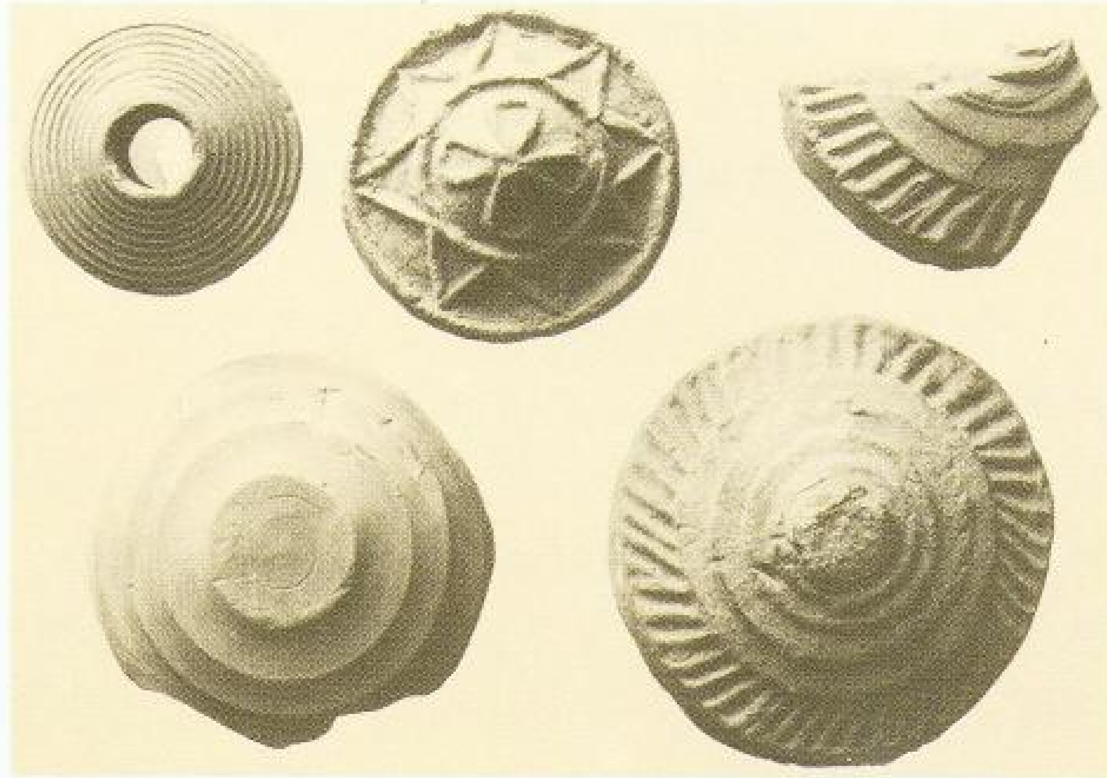


图8-4-4　（2）汉代瓦钉钉帽

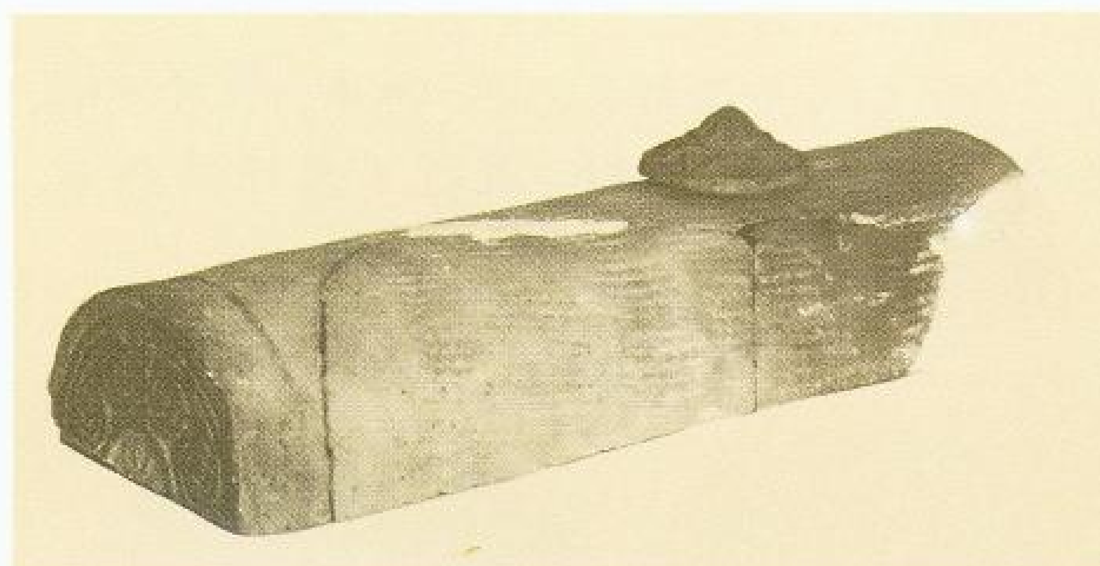


图8-4-4　（3）汉代瓦钉与筒瓦

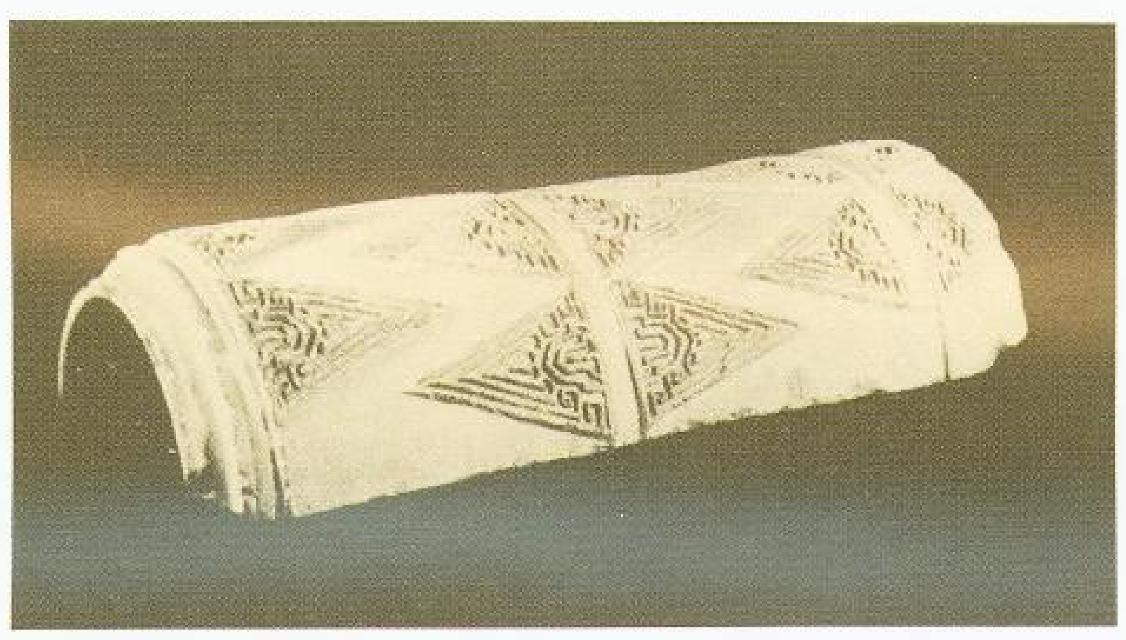


图8-4-5　河北燕下都大瓦



图8-4-6　（1）河北燕下都半瓦当拓片之一（底宽20.3厘米，高10.2厘米）



图8-4-6　（2）河北燕下都半瓦当拓片之二（底宽17厘米，高8.5厘米）

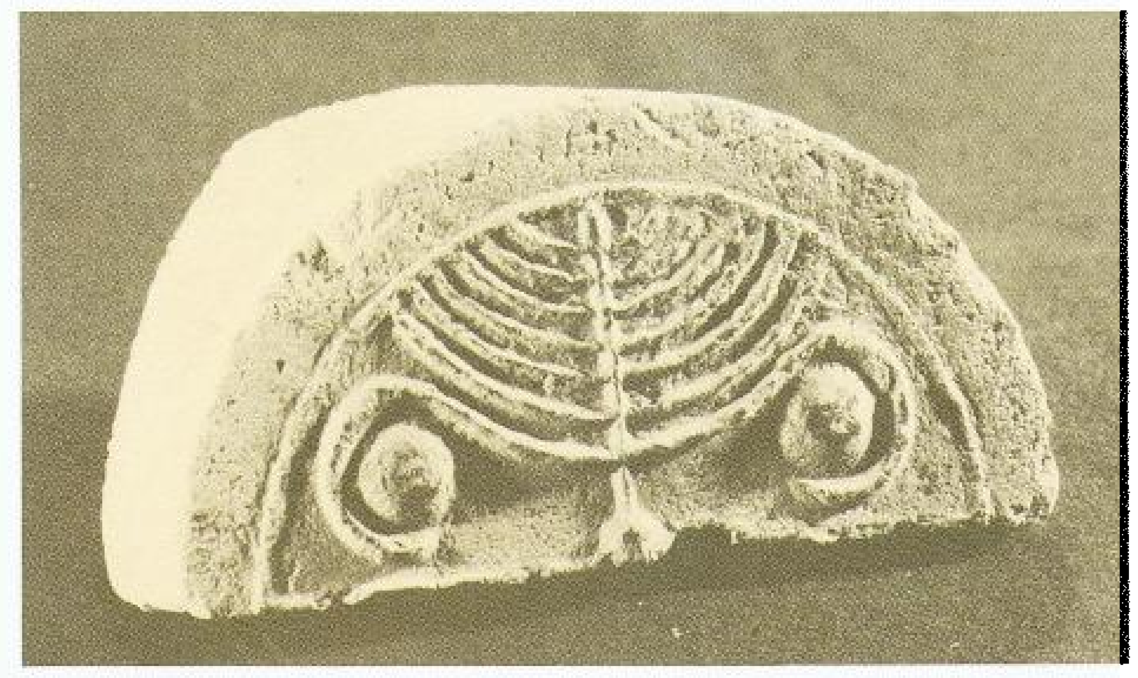


图8-4-7　（1）山东齐临淄城半瓦当之一

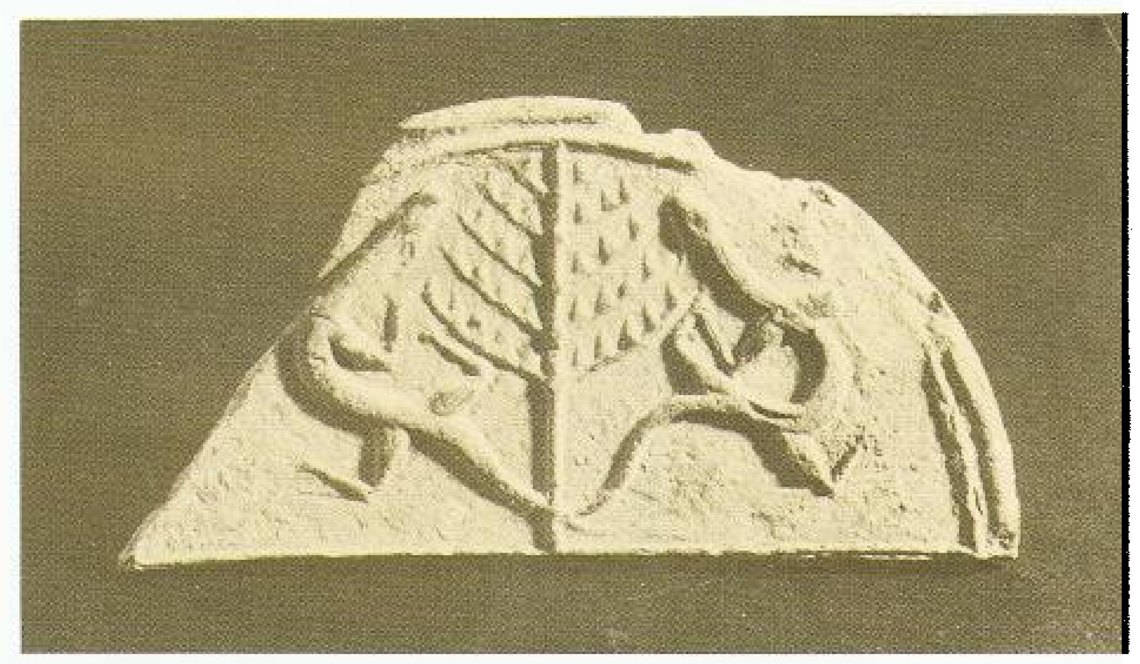


图8-4-7　（2）山东齐临淄城半瓦当之二

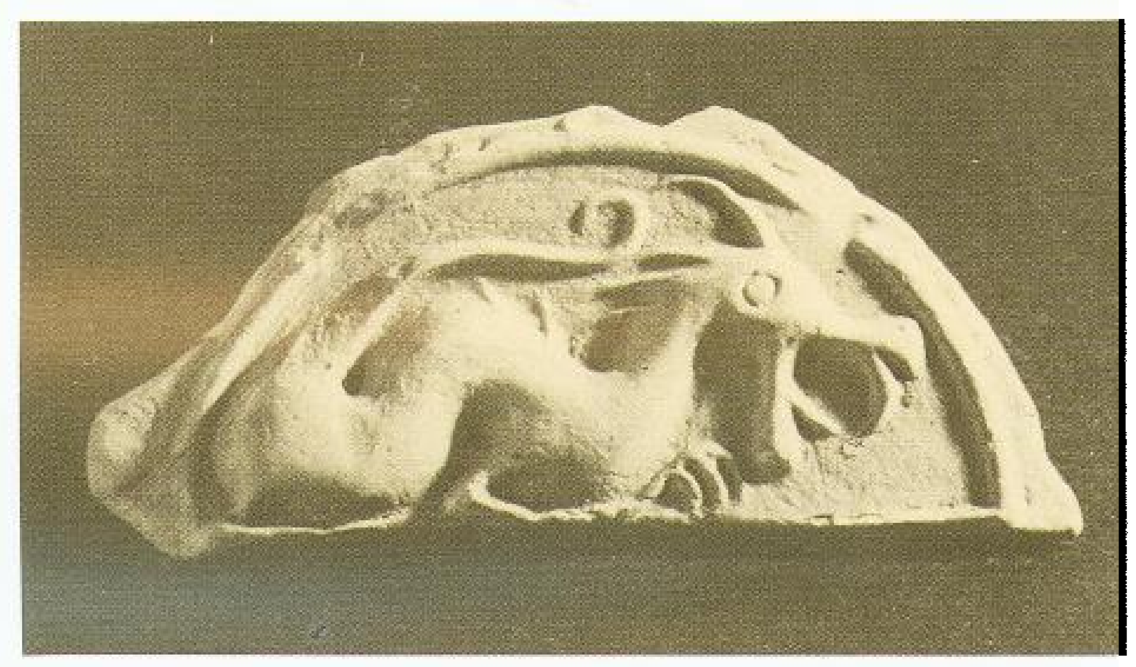


图8-4-7　（3）山东齐临淄城半瓦当之三

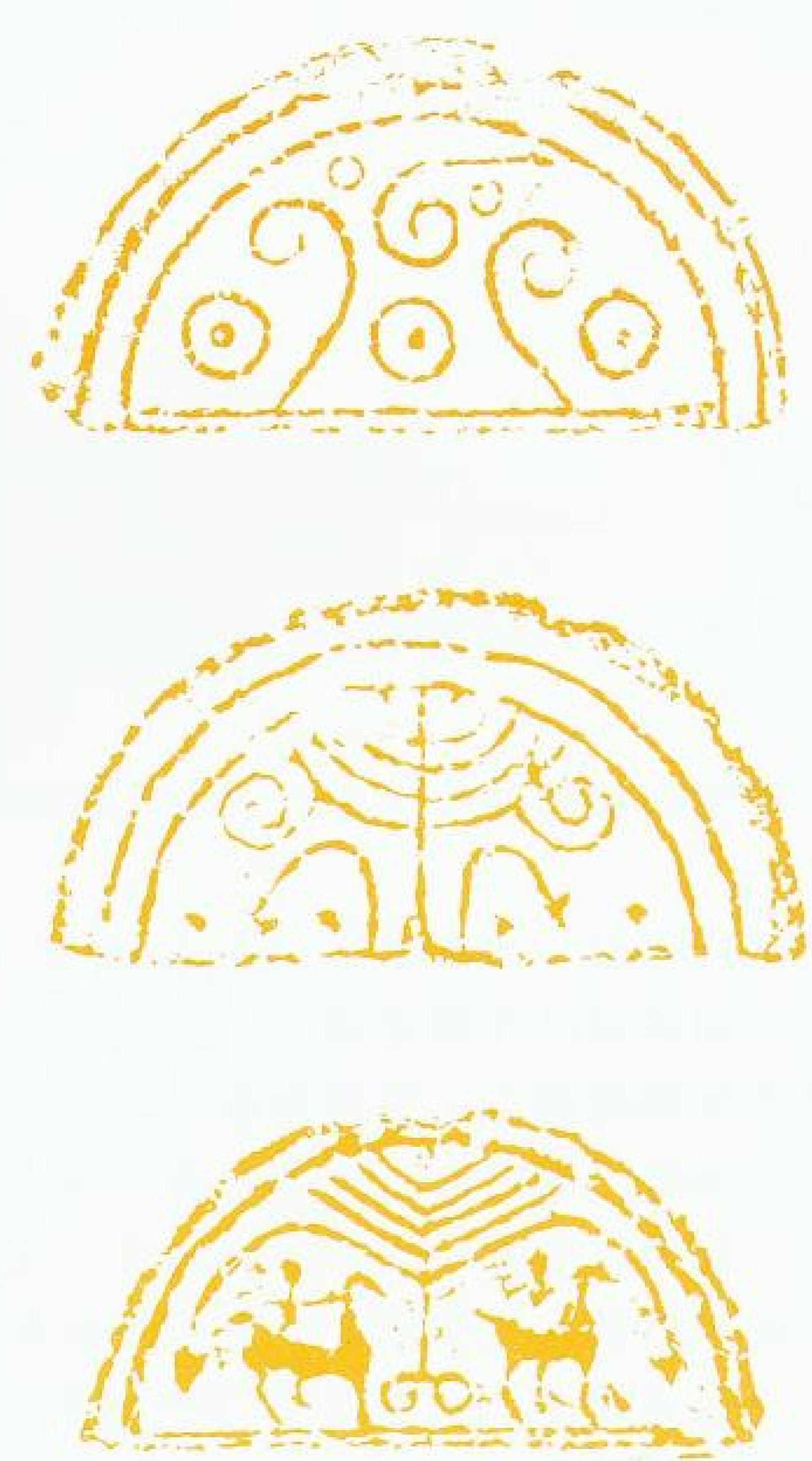


图8-4-7　（4）山东齐临淄城半瓦当图



图8-4-8 （1）秦始皇陵北邓家庄出土（外城西北角）板瓦

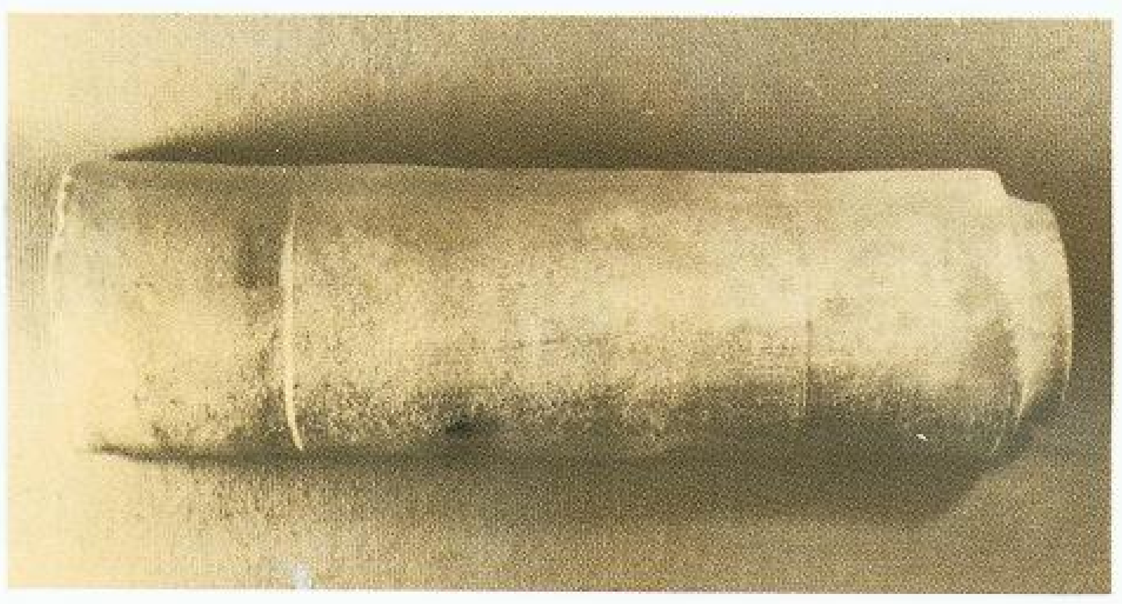


图8-4-8 （2）秦始皇陵北3号建筑遗址出土筒瓦

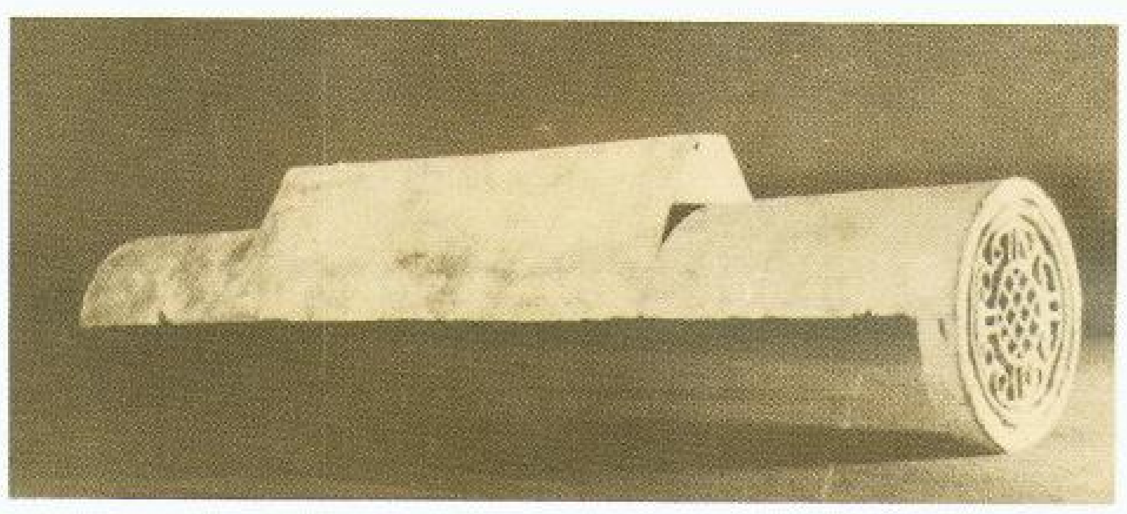


图8-4-8 （3）秦始皇陵北3号建筑遗址出土异形瓦



图8-4-9 赵都邯郸故城素面圆瓦当

址[49]和洛阳河南县东区东汉房基遗址[50]都有瓦片出土。

瓦当在战国从半圆形演进到整圆形（图8-4-9），到东汉已全部是圆形。圆瓦当的出现，既改进了瓦当的束水、遮朽功能，又提供了更完整的瓦当画面。秦汉瓦当图案十分丰富。秦代多为鸟兽、植物、云纹，汉代多为云纹、四灵。秦汉还有相当数量的文字瓦当。文字内各有“唯天降灵”，“延元万年，天下康宁”及“汉并天下”一类政治性“颂词”和“千秋万岁”、“与天无极”、“长尔未央”一类吉语；也有为某建筑物专用而印上“上林”、“长陵四神”、“马氏展当”之类的字样。此外还有许多瓦当均富有装饰性，这也成为表达建筑思想性和美化建筑物的手段（8-4-10）。

脊瓦在秦汉有显著的发展。始皇陵出土了两种形式的脊瓦（图8-4-11）。东汉明器，画像石等所反映的脊饰更是多种多样。除一般瓦件外，西汉还生产了一种陶瓴，一端大，一端小，悬于檐下用以滴水[51]。这可能就是“高屋建瓴”的瓴。始皇陵曾出土一种陶质的“遮朽”呈大半圆形，饰夔凤纹，直径约为40厘米。估计是套在出头的梁端上用以防避雨淋的（图8-4-12）。这种“遮朽”，形体硕大、制作精美，可以想见秦代瓦件的材质、造型已达到很高水平。

经三国、两晋到南北朝、隋唐，瓦在类别、形制上都有重要的发展，进行了多样的探索。

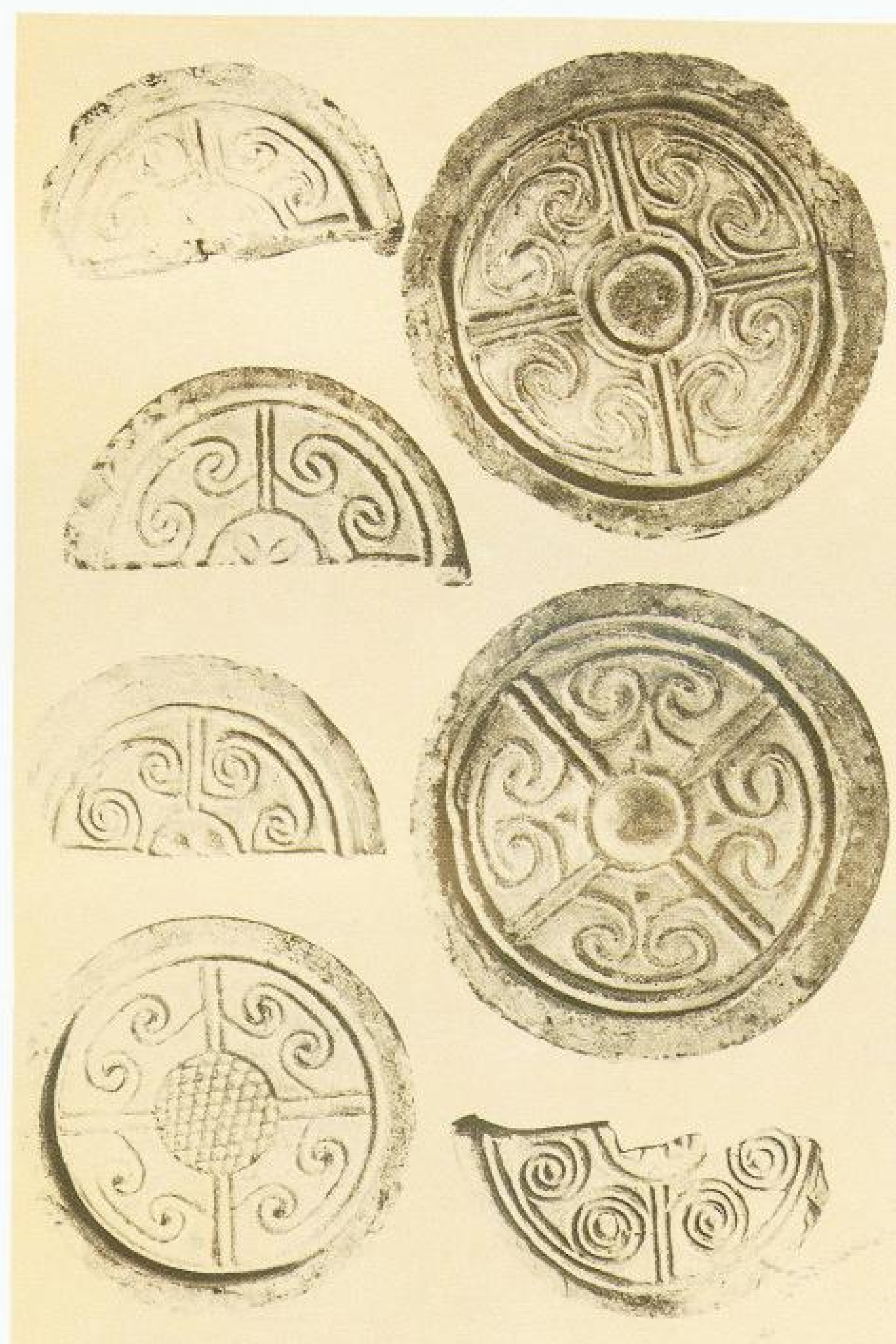


图8-4-10 （1）洛阳中州路出土的汉代瓦当、半瓦当



图8-4-10 （2）汉瓦当



图8-4-11 （1）秦始皇陵建筑遗址出土脊瓦之一

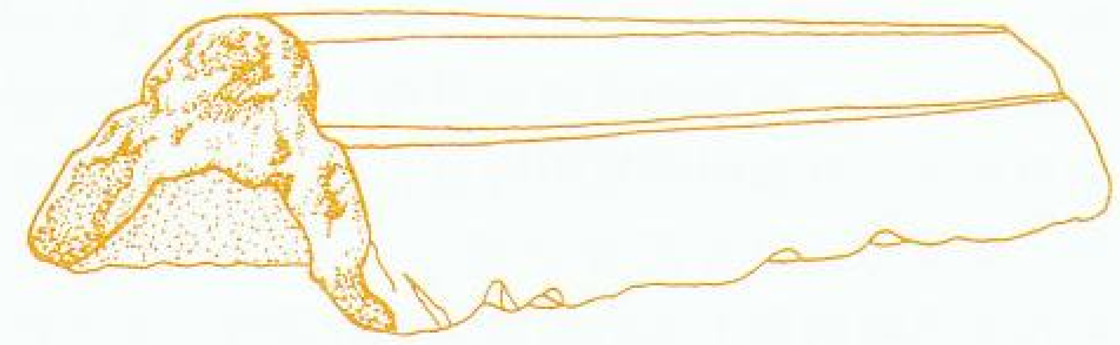


图8-4-11 （2）秦始皇陵建筑遗址出土脊瓦之二

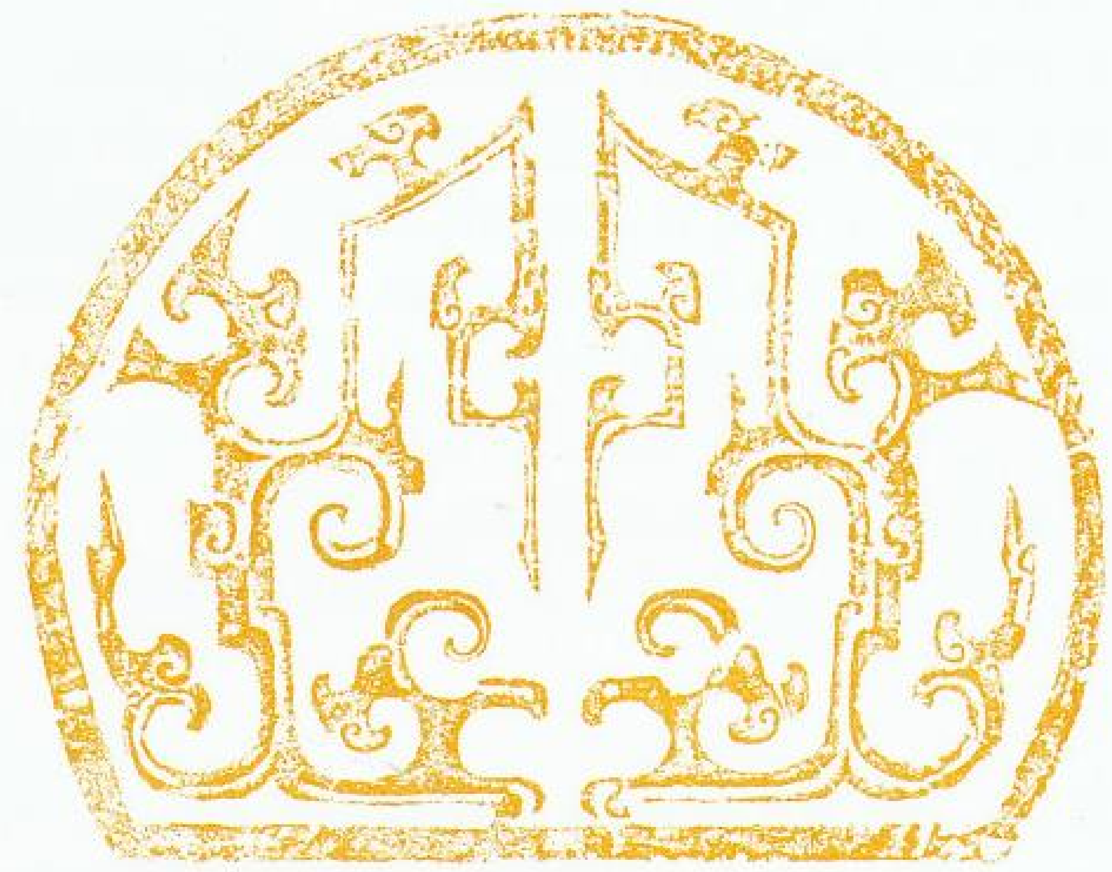


图8-4-12 （1）秦始皇陵北2号遗址出土秦大瓦当拓片（底宽50厘米，直径61厘米，高48厘米）

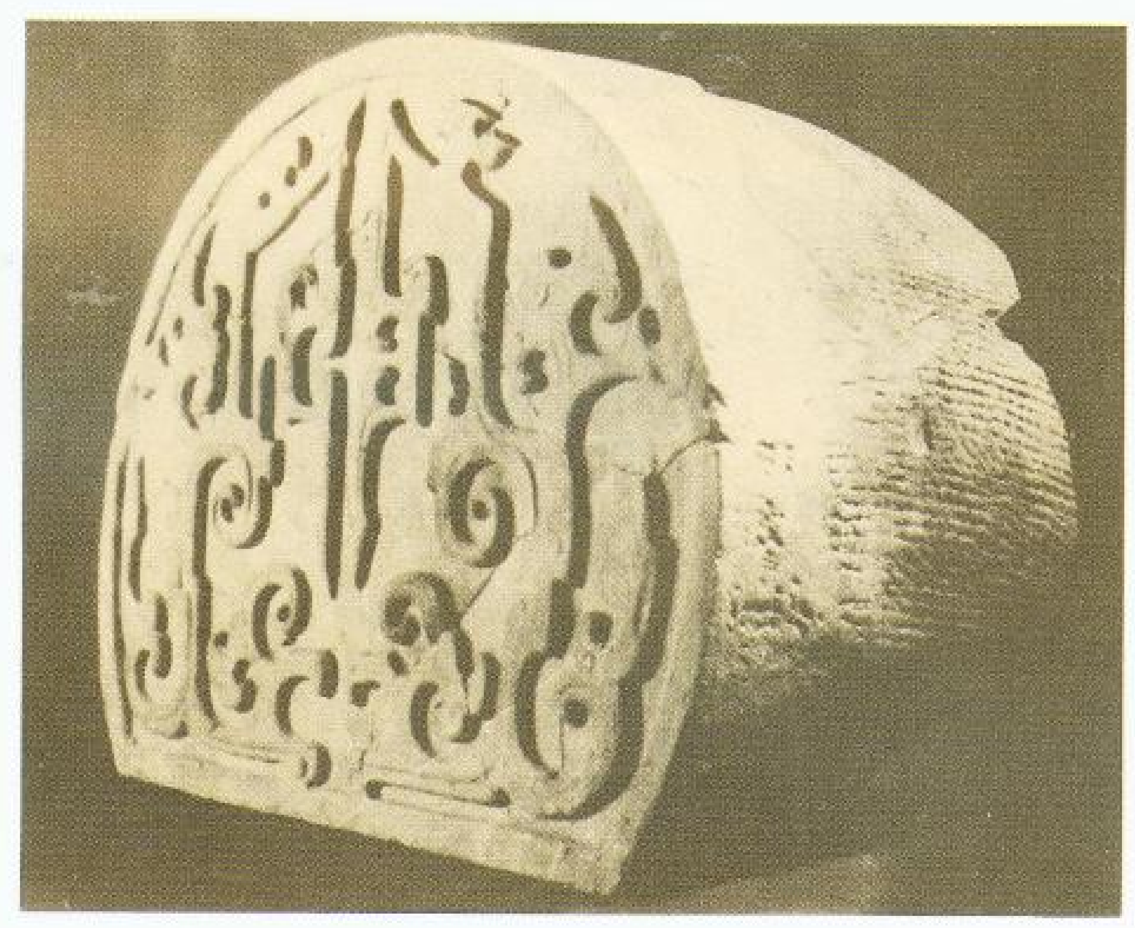


图8-4-12 （2）秦始皇陵北2号遗址出土大瓦当

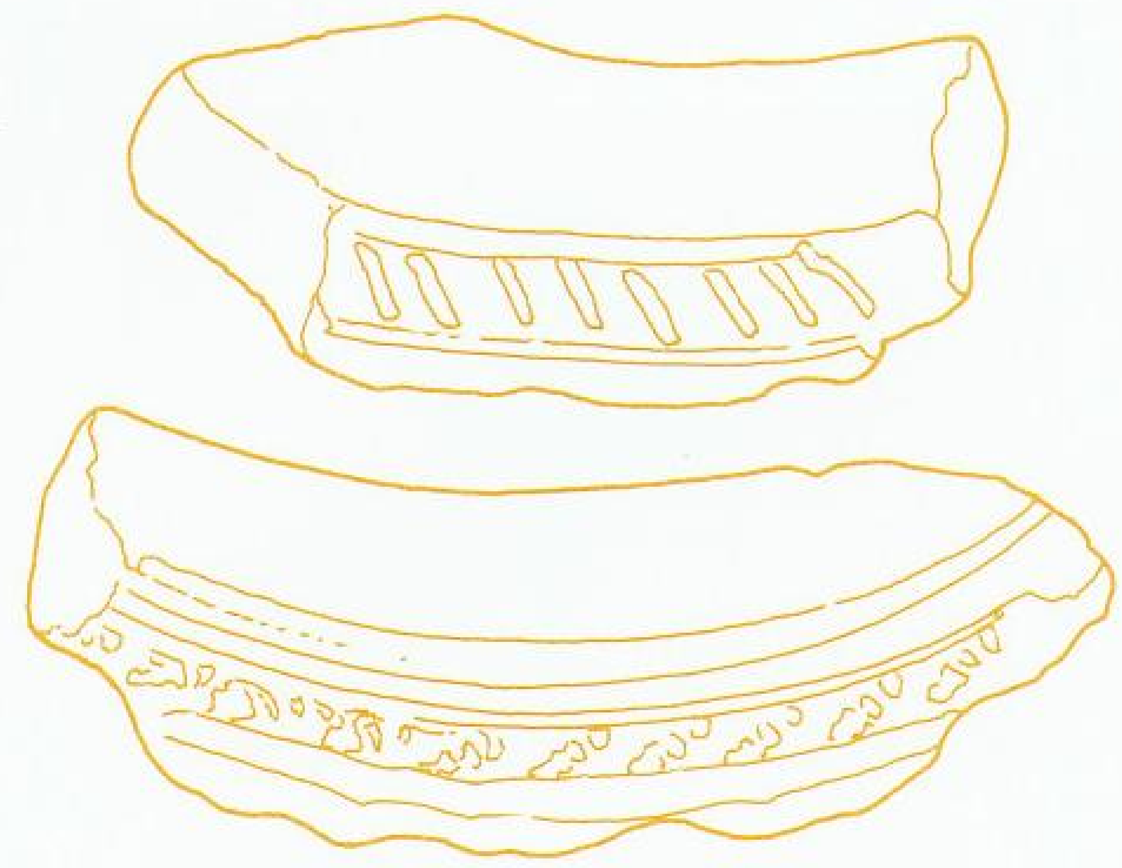


图8-4-13 河南登封嵩嶽寺唐旧址出土的重唇板瓦

《河朔访古记》引《邺中记》云："北齐起邺南城，其瓦皆以胡桃油油之"。现邺城铜爵台附近可见大量素面黑瓦，质地厚重而细密坚致，表面光滑莹润，发黝黑色光泽[52]，它实际就是《营造法式》所述的青棍瓦的前身。从北魏洛阳一号房址出土的表面光滑的釉黑色筒瓦[53]，唐长安大明宫麟德殿遗址出土的漆黑色瓦片[54]和唐长安青龙寺遗址出土的表面黑光的筒板瓦等[55]，可以看出青棍瓦发展的一个粗略的轮廓。这种青棍瓦在唐代的重要建筑上，似乎曾经作为贵重的品种风行一时。

从南北朝到隋唐，板瓦瓦沿的束水作用和装饰作用有了明显的改进。早期大抵流行"花头板瓦"的做法。一般是在板瓦瓦沿下部捏成波浪形锯齿形、以利滴水。而后逐步发展成为"垂唇板瓦"。从北魏平城故址[56]，北魏洛阳一号房址[57]、北响堂山第二窟北齐窟檐[58]、渤海东京城故址[59]嵩岳寺唐代旧址[60]、兴庆宫遗址[61]等出土的瓦件上，可以看到由花头板瓦过渡到重唇板瓦的迹象（图 8－4－13）。早期的重唇板瓦下沿还保留着花头板瓦的波浪形，后期波浪形消失，成光滑的下沿弧线，但在下沿图案上有时还遗留着象征原波浪形的锯形纹饰。

瓦当纹样从南北朝后起了很大变化，由于佛教艺术的影响，瓦当纹样大多为莲花纹所取代。嵩岳寺唐代旧址曾出土几片异形的碎瓦片（图 8－4－14），若瓦件复原[62]，当是《营造法式》所指的"垂尖华头瓪瓦"。可见这是当时在仰合瓦屋面上用作合瓦形式的勾头。

鸱尾从南北朝到隋唐，经历了很大的变化，见于龙门古阳洞、莲花洞的北魏鸱尾形象，尚是早期的形态。到初唐大雁塔门楣石刻和敦煌 431 窟壁画，鸱尾形象已臻成熟。而到中唐时期的乐山凌云寺摩崖变相图中，鸱尾已经变成吻了[63]。

从两晋到隋唐，我国西南地区建筑用瓦在有普遍的发展。云南省昭通后海子东晋壁画墓，有一幅四阿顶瓦屋的壁画，生动地描绘了仰合瓦屋面的形象，檐端并有明显的起翘[64]（图 8－4－15）。此墓确切年代为公元 386—394 年，到唐代，巍山的南诏建筑遗址，也出土了许多带有南诏文字的瓦片、瓦当和鸱尾等瓦片，其形制和纹饰与当时中原地区的作法一致。

《营造法式》一书中，记述了完整的瓦作制度和窑作制度。瓦件在材质上明确地分为素白、青棍、琉璃三大类。"甋瓦"（筒瓦）分六种，"瓪瓦"（板瓦）分七种。详细规定了殿阁、堂屋、厅屋、



图8-4-14 河南登封嵩嶽寺唐旧址出土异形碎瓦片

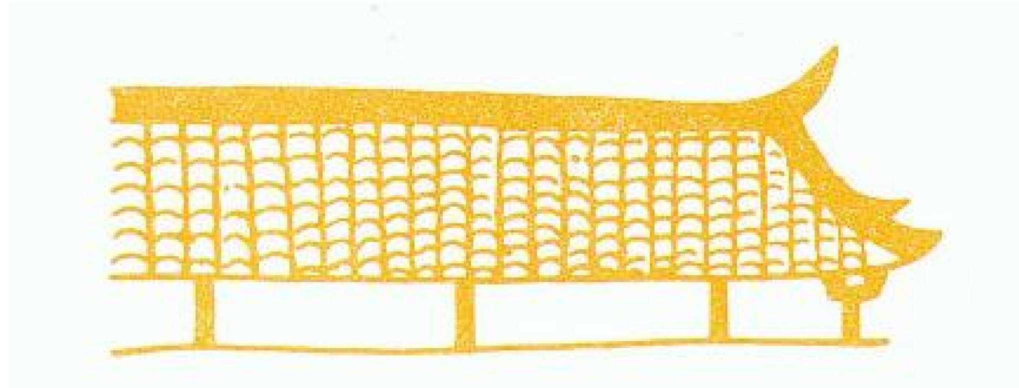


图8-4-15 云南昭通后海子东晋壁画上的瓦屋面

门楼、散屋、亭榭、廊屋、营房屋等不同等级、类别的建筑物的"用瓦"、"垒屋脊"、"用鸱尾"和"用兽头"等制度。

瓦在民间建筑中得到较普遍的推广，是宋辽金时期一大进展。从宋画《清明上河图》可以看出，北宋汴梁的一般市楼、民宅都基本上使用了瓦屋面。图中城外建筑，有正房用瓦顶、厢房用草顶的；有草顶以瓦铺脊的；有屋面半草半瓦的。这些城外建筑的瓦顶均为仰合瓦，屋脊也很简单、到虹桥附近，瓦屋顶已有明显的正脊、垂脊、鸱尾。而城内大酒楼店铺，更增加了"兽头"。城内建筑大部分也是仰合瓦，仅城门楼的庑殿顶上，似乎用了筒瓦（图 8－4－16）。北宋王希孟的《千里江山图卷》也以大量的画面展示了北宋时期农村建筑的屋顶面貌。可以看出当时一般农村中，小型住房常常主屋多为瓦顶，次要用房多为草顶。大型宅院则基本上全为瓦顶，仅局部辅助用房使用草顶。图上的手工业作坊——水磨房，也是用的瓦顶。这些宋画真实地描绘了北宋时期瓦屋面在城乡中普遍运用的景象。特别重要的是，封建社会末期的城乡民间建筑铺瓦的形制、类别，在这些画面上几乎都已齐备了。总之北宋已发展了我国古代灰陶瓦发展的最后面貌。

在元明清时期，只是运用得更普遍、更广泛。官式建筑用瓦则把发展的重点转向了琉璃瓦，而淘汰了青棍瓦。琉璃瓦的品种、质量和吻兽等整套瓦件都达到很高的工艺水平，曾经昙花一现的垂尖华头板瓦，徒具"垂尖"之形，而不起"滴水"作用之实。从元代开始，"垂尖"移到仰瓦之端，变成了名符其实的"滴水瓦"。后来除了个别地区的民间建筑上尚偶尔见到以外，垂尖华头板瓦基本上已绝迹了。

二 瓦的制作技术的发展

最初的瓦，从成坯到焙烧的整个工艺过程，都和制陶合在一起。沣东洛水村陶窑的遗存中，盂、罐、豆、鬲等陶器碎片和瓦块相互掺杂[65]，说明到西周晚期，瓦还是在陶窑内焙烧，制瓦和制陶还没有分家。

制陶工艺在我国发展很早。仰韶的制陶技术已很高。远在龙山文化时期，已掌握了灰陶、红陶和黑陶的生产工艺[66]，可以说，制瓦所需的一整套工艺，远远在西周之前，已经通过制陶的发展而准备了技术条件。

从目前掌握的考古发掘资料来看，我国古代的灰陶瓦有夹砂灰陶，也有泥质灰陶。只在个别地区，短暂地出现过一些红陶瓦，如战国时期的燕下都，广东始兴和湖北楚皇城，汉代的福建崇安等地，曾经附带生产过质地较松软的红陶板瓦、筒瓦[67]。

从材质上看，洛阳中州路和侯马古城在春秋末、战国初的瓦，一般火候较低，陶质较松软、瓦色不纯，多呈灰褐色、暗灰色；大约在战国中期以后，火候已相当高，陶质坚硬，瓦色纯正，多呈青灰色[68]。这反映出瓦的质量在战国时期有了显著的提高，到秦汉时代则达到高度水平。

从成坯工艺上看，板瓦、筒瓦都是一开始就采用了"圆坯法"。板瓦先做成桶坯，然后一分为四；筒瓦先做成筒坯，后一分为二。坯的制做，由西周到西汉，大抵都是采用泥条盘筑法。如客省庄的西周板瓦[69]，侯马[70]、魏城[71]禹王城[72]、大马古城[73]和洛阳中州路[74]等出土的战国板瓦、筒瓦，都是用泥条盘筑成筒坯（图 8－4－17）。这种泥条盘筑法给瓦件凹面带来凹凸不平，使瓦片的厚度厚薄不匀。客省庄西周板瓦，凸面有绳纹、凹面有指纹[75]。说明桶坯外表面经过绳纹模板或缠绳模板的拍打，而桶坯内表面只是用手指略加按捺。到战国晚期，板瓦、筒瓦凹面已开始出现多种纹理。据洛阳中州路 1115 号墓填土中的瓦片统计，板瓦筒瓦凹面纹理的比例如下：

纹饰	素面	绳纹	布纹	万格纹	点纹
瓦片数量	738	199	44	14	8

这意味着，当时一部分的瓦件，在外表面拍印绳纹时，内表面已衬以垫块，从而留下纹痕。这种情况到西汉时期更为显著。虽然仍保留着泥条盘筑法的方法，而瓦件凹面已不再象先秦那么凹凸不平了。

制瓦技术至迟在东汉时期有了重大的突破。这就是瓦坯的成形从泥条盘筑法进到桶模法。这种桶模法可能已经很接近后期宋《营造法式》所记载的方法。

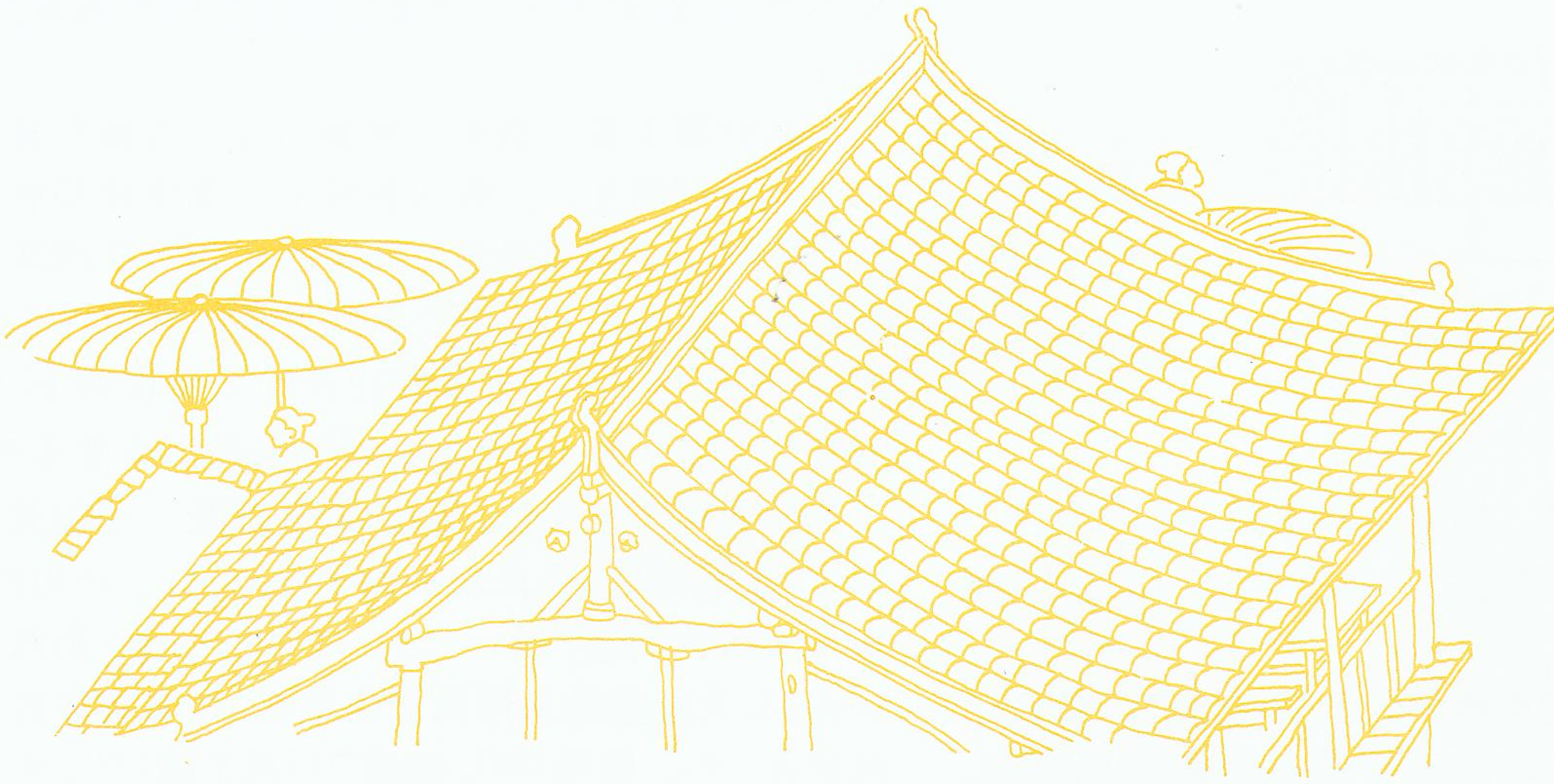
《营造法式》卷十五记载："造瓦坯用细胶土不夹砂者。前一日和泥造坯。先于轮上安定扎圈，次套布筒，以水搭泥拨圈，打搭收光，取扎并布筒，曒曝"。

这种桶模法，由于"扎圈"上套"布筒"，瓦的凹面都带有布纹。东汉瓦的凹面明显地以布纹为主，反映出桶模法已经开始推广，显而易见，比起泥条盘筑法来，桶模法不仅加快了制坯速度，而且坯形准确，凹面平整，厚度均匀，显著地提高了瓦件的质量，使制瓦技术向前迈进了一大步。

最晚到明代，桶模法有了新的改进，《天工开物》记载："凡民居瓦，形皆四合分片，先以圆桶为模骨，外画四条界。汩践熟泥，叠成高长方条，然后用铁线弦弓，线上空三分，以尺限定，向泥不平戛戛一片，似揭币而起，周包圆桶之上。待其稍乾，脱模而出，自然裂为四片"（图 8－4－18）。

这里值得注意的是：

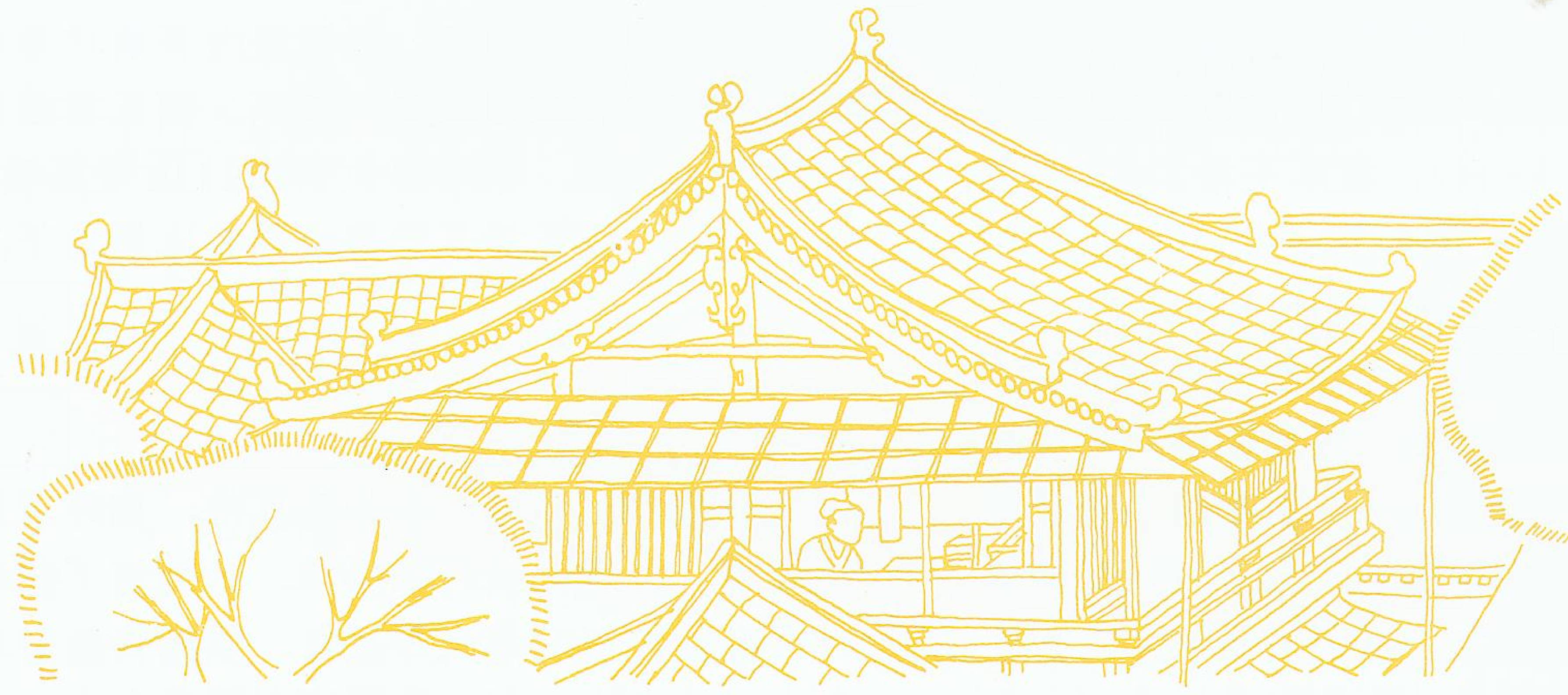
1.明确地指出熟泥是叠成高长方条，用铁线弦弓平戛成一片，然后周包圆桶上作坯，这就不是《营造法式》的"以水塔泥拨圈"的办法了，也省略去"打搭收光"的环节，这无疑进一步加快了成坯的速度；



带脊瓦顶



瓦顶、草顶分用



带脊瓦顶



瓦脊草顶、半瓦顶

图8-4-16 宋画《清明上河图》中的瓦顶

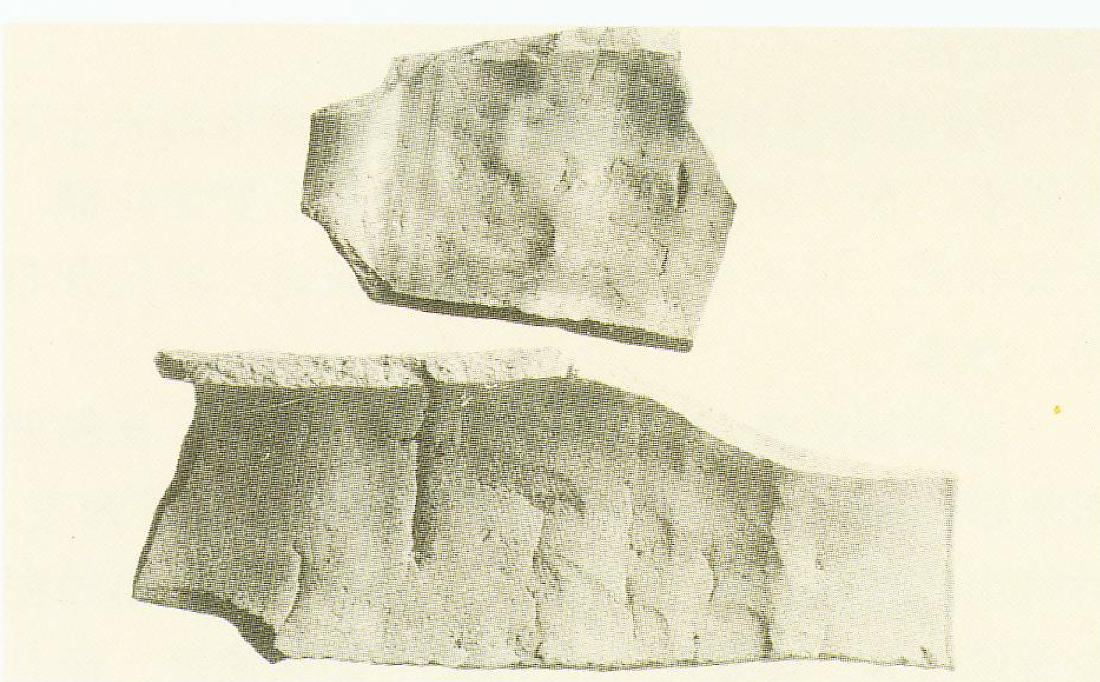


图8-4-17 洛阳中州路出土战国筒瓦内泥条盘筑痕迹



图8-4-19 洛阳中州路出土的汉代瓦当



图8-4-18 （1）《天工开物》瓦坯制作



图8-4-18 （2）《天工开物》桶模法制瓦坯

2.明确地指出圆桶“外画四条界”，脱模时“自然裂为四片”。这种分解方法，大大减轻了“削瓦”的工作量，也进一步提高了制坯效率。

至此，瓦坯的制作技术已发展到完备阶段，一直到清代晚期都沿用此法。

瓦当的制作，分半瓦当和圆瓦当两种。半瓦当有两种做法：东周时期是先做成完整的圆筒形瓦坯，然后模印瓦当纹样，最后切割成两个半瓦当；到汉代，则是先模印为瓦当纹样，再粘到筒坯上，最后也切割成两个半瓦当[76]。圆瓦当有三种制法：始皇陵出土的瓦当，据原报告分析，是先做成完整的瓦坯，然后在端部模印瓦当模样，最后进行切割。从瓦脊切痕可以看出切割的过程是：先用扁平元刃刀将筒坯纵切到瓦当处，再以细绳顺瓦当脊面将其中一半割去[77]，而洛阳中州路出土的汉代瓦当，早期则是先模印瓦当纹样，再粘附到筒坯上，然后进行切割，切割过程是先在瓦筒上横切到一半，再向下纵切开瓦筒。晚期则是将模印好的瓦当直接粘到已经切好的筒瓦上，不再有切痕和棱角（图8-4-19）。这些反映出瓦当的制作方法在汉代取得了明显的改进。

从南北朝到唐宋，逐渐形成了瓦的一种新品种——青棍瓦，其制坯增加了掺石粉和打磨的工序。从瓦的材质发展可以看出，瓦的制作全盘继承了制陶技术。红陶瓦、灰陶瓦、青棍瓦实际上就是对应地应用了红陶、灰陶和薄胎黑陶的生产工艺。作为建筑材料的瓦件，就其制坯和焙烧的工艺难度来说，都远不及复杂的陶制品；但就产品的数量要求来说，则大大超过一般陶制品。因此，制瓦工艺发展的要点主要是解决大量生产中提高工效和降低成本的问题。我国古代制瓦技术的发展，瓦件尺寸的由大到小，瓦件形状的由繁到简，民间用瓦的力求单一化（仰瓦、合瓦、脊瓦均用同一种规格品种的板瓦）以及明清时期灰陶瓦在材质上不要求象战国、秦汉那末高等等，都是从有利增加产量，降低价格着眼的。

关于造瓦业的生产组织、工种分工等情况，由于文献记载的缺乏，目前还知道得甚少。

据汉瓦当文字“都司空瓦”、“都”、“空”等字样，联系《汉书·百官志》的记载，可证明西汉官府制瓦由都司空和左、右司空主管，这些机构掌握有大量刑徒从事制造砖瓦等劳役[78]。汉武帝时，“杜陵南山下，有成瓦窑数千处”。1)可见这种控制在官手工业中的造瓦业，在汉代已经达到相当庞大的规模。

从洛阳出土的北魏带文字的瓦片，可以看出北魏制瓦业的分工和组织情况。据有关文章分析[79]，北魏制瓦手工业的组织分工是：烧瓦窑由窑的主人——随主掌管。随主下设匠。匠掌握比较全面的技术，相当于工师一类。有专制板瓦或筒瓦的匠，也有兼制两者的。匠之下有轮头、削人、昆人等不同工种的瓦工。轮头应是制作瓦坯元件的工人。削人应是分割瓦坯的工人。昆人也称混磨人，应是削瓦以后打磨瓦面的工人。

从瓦片所反映的制瓦日期来看，月份集中于四月至九月，而以六、七、八三个月最多，还发现刻有“十一月廿六日”、“一月七日”各一片。可见瓦的制作多集中在夏秋季节。从瓦的常年烧造看，说明这些瓦工可能是专业的制瓦工人。

这批瓦工队伍不小，仅一号房址所见瓦工姓名，就有230余人。他们技术熟练，有的兼作板瓦、筒瓦；有的是削人、昆人，掌握比较全面的技能。这些瓦工身份卑微，深受封建的经济剥削和奴役。劳动人民所制作的高质量的瓦被划分为严格的等级，使用上不得“僭越”，劳动人民被剥夺了使用高级瓦件的权利。

陶瓦的制作开始了我国古代人工材料的历史，表明我国古代建筑材料的生产，越过了单纯依赖土、木、砂、石、竹、草等天然材料的阶段，取得建筑技术发展的一次重要突破。高质量的灰陶瓦、青棍瓦和琉璃瓦产品，显示出我国古代陶质材料生产达到很高的工艺水平，并且具有浓厚的民族特色。制瓦技术的成就是我国古代建筑技术的重要成就之一。

第五节 琉璃砖瓦的制作技术

一 我国琉璃工艺考源

在我国古书中是把玻璃质的物品和釉陶质的物品统称作“琉璃”。琉璃是属于制做玻璃性质的工艺，而琉璃砖瓦则属于釉陶性质的工艺。琉璃在我国古书里有写作“流离”的，是形容它们有流光陆离的色彩。在公元前十世纪，我国制造琉璃的工艺，即已出现。1976年在陕西省宝鸡茹家庄地区发掘西周早期遗址，出现四种不同形式的琉璃扁珠和绿色琉璃管状的项练，工艺优美，是奴隶主用的琉璃饰物。此外，在田野考古中还发现过战国时代琉璃球。秦汉以后琉璃的应用很广泛，如刘歆《西京杂记》卷一载：“汉帝相传以秦王子婴所奉白玉玺，高祖斩白蛇剑，剑上有七采珠，九华玉以为饰，杂厕五色琉璃为剑匣”。

在汉代帝王宫殿中还喜用琉璃制器物，陈设或悬在殿中，据郭宪《洞冥记》载：“元鼎元年（公元116年）起招仙阁于甘泉宫西，编翠羽麟毫为帘，青琉璃为扇，悬黎火齐为床……太初三年（公元102年）起甘泉望风台，台上得白珠如花一枝，帝以锦盖覆之，如照月矣，因名照月珠。以赐董偃，盛以琉璃筐”。

汉代赵飞燕为皇后，其女弟在昭阳殿贡献礼物中有琉璃。昔帝王死后，也用琉璃工艺品来殉葬的，如王嘉《拾遗记》载：“昔始皇为冢敛天下坏异，生殉工人，倾远方奇宝于冢中……以琉璃杂宝为龟鱼”。“孙亮作琉璃屏风，甚薄而莹澈，每于月下……坐屏风内而外望之，了如无隔”。

以上文献中所记，说明制做琉璃各种器物在秦汉之际已十分发达。至于用琉璃工艺的釉料，涂在生活用的陶器上（这种器物称为釉陶），在三千多年前的商周年代也已出现。陶胎器物挂上釉，使陶器出现流光陆离的色彩，这是琉璃工艺一个新的发展，也是制陶技术从无釉到有釉的一个重大成就。据化学分析，当时的釉陶是用石灰釉，因而呈现青色或青绿色。这种青色釉陶是我国青瓷的鼻祖，也可以说是带釉砖瓦之先声。釉陶与瓷器，两者工艺关系极密切，据景德镇《陶录》载，南昌（景德镇）在唐代除瓷窑之外还有琉璃窑，与制瓷的工艺同属一类。

从汉代以来的坟墓里经常发掘出大量的殉葬的陶器，包括带釉的陶楼、陶屋等。到了五世纪北魏时代，开始在建筑上采用琉璃，据《北史·西域传》载：“大月氏国，太武时其国人商贩京师，自云能铸石为五色琉璃。于是采矿山中，于京师铸之。乃诏为行殿，容百余人，自此国中琉璃遂贱，人不复珍之”。

《北史》所记，以五色琉璃为行殿，是建筑上使用琉璃的最早文献。因为建筑与明器饰物相比，体量要巨大得多，可以想象当时琉璃的生产水平要有一个飞跃。当时估计除用琉璃器物如青帘屏风之类装饰行殿外，还出现覆盖屋顶的琉璃瓦。所以北魏时琉璃使用在建筑上，是一件大事。因为琉璃的大规模生产，琉璃价格遂贱，所以人们不象过去那样珍视它了。《北史·何稠传》又云：“……时中国久绝琉璃作，匠人无敢措意，稠以绿瓷为之，与真不异”。

由此可见，琉璃制作在发展过程中是有盛有衰，到隋代琉璃的生产又出现了衰落现象，以至后人“无敢措意”，何稠又做了恢复生产的工作。到隋唐时代，中国建筑更多的使用琉璃。琉璃瓦件的最早遗物，属于隋唐时期。当时一般在屋脊和檐头上包镶琉璃，考古发掘中曾在隋唐东都城址发现不少瓦片[80]。在唐代盛行制作琉璃明器，有驼马人物等。这种琉璃明器成为八世纪特种雕塑工艺，用多种釉色涂在陶制驼马人物上，鲜艳可喜，栩栩如生，这就是著名的唐三彩。唐末五代直到宋朝已出现整体建筑使用琉璃构件，如河南开封市还屹立着一座宋代建造的琉璃塔，因琉璃是赭黑色远看颇似黑铁，故称铁塔（图8-5-1）。这座琉璃塔一千年来还完整无缺。此外，尚有做为供养的琉璃塔，如河南密县城内出土的七级琉璃浮图则是这一时代较好的琉璃（图8-5-2）。从宋代到元明清三朝，琉璃砖片、带釉的桌椅、佛龛、琉璃壁、花饰等，大为盛行。以宫殿而言，元代大内宫殿都用琉璃瓦，有的饰屋檐，有的满铺屋面，或者以五色琉璃镶嵌宛如画

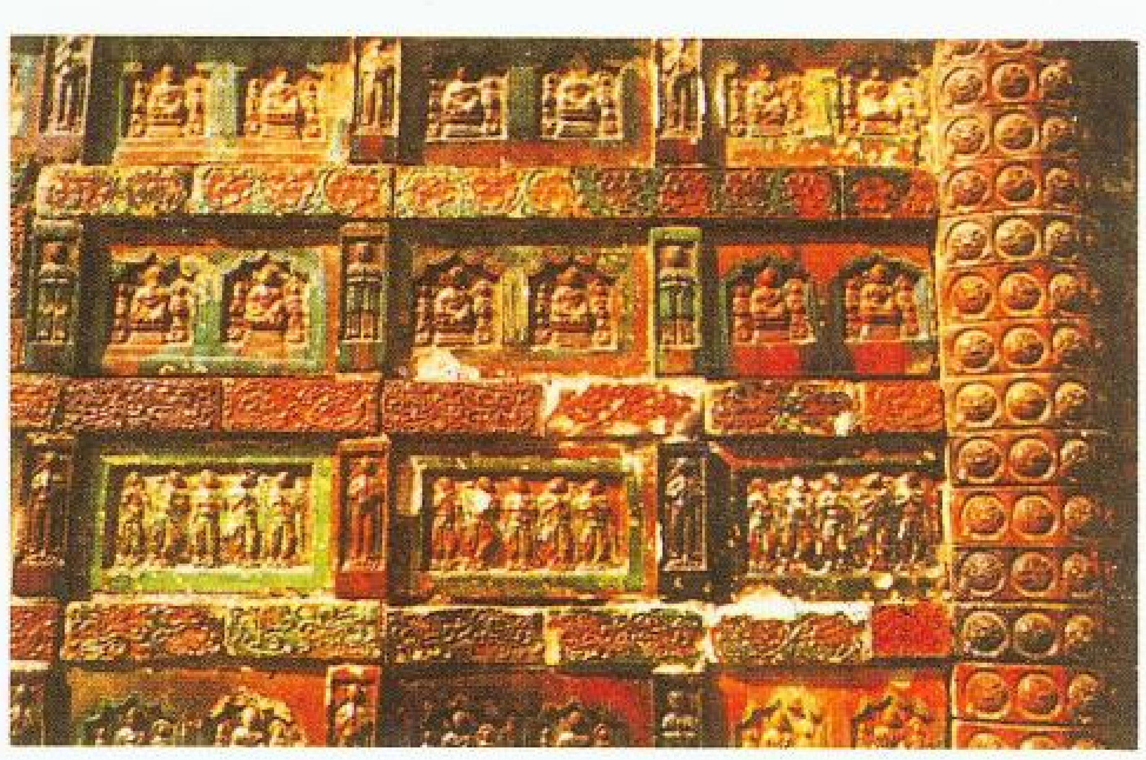


图8-5-1 （1）开封祐国寺塔琉璃贴面砖

1）《三国志·魏志·董卓传》，裴注引华峤《后汉书》云：“卓曰，武帝时居杜陵南山下，有成瓦窑数千处，引凉州材木东下，以作宫室，为功不难。”

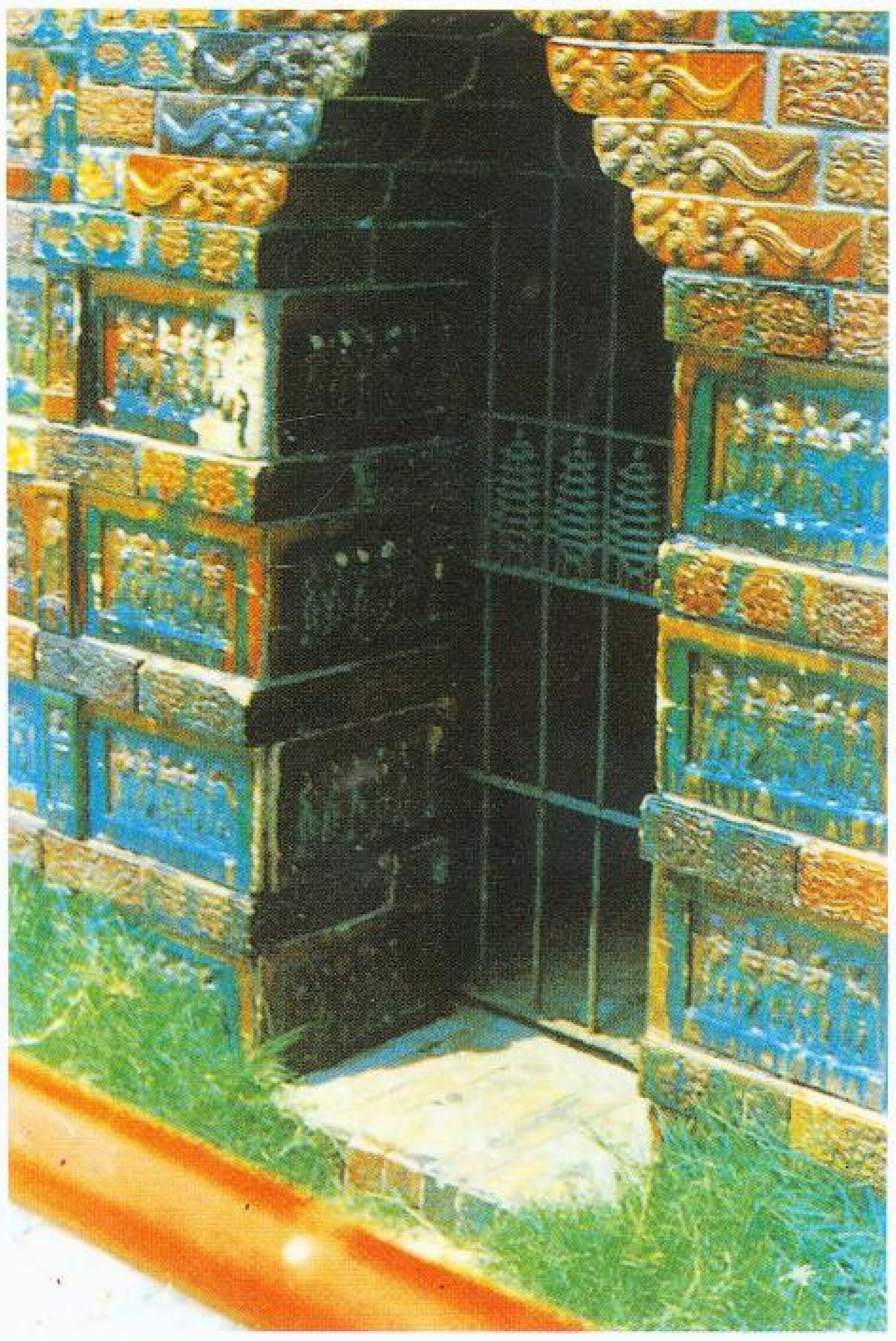


图8-5-1 （2）开封祐国寺塔琉璃贴面砖局部外观



图8-5-2 河南密县城内出土三彩琉璃方塔

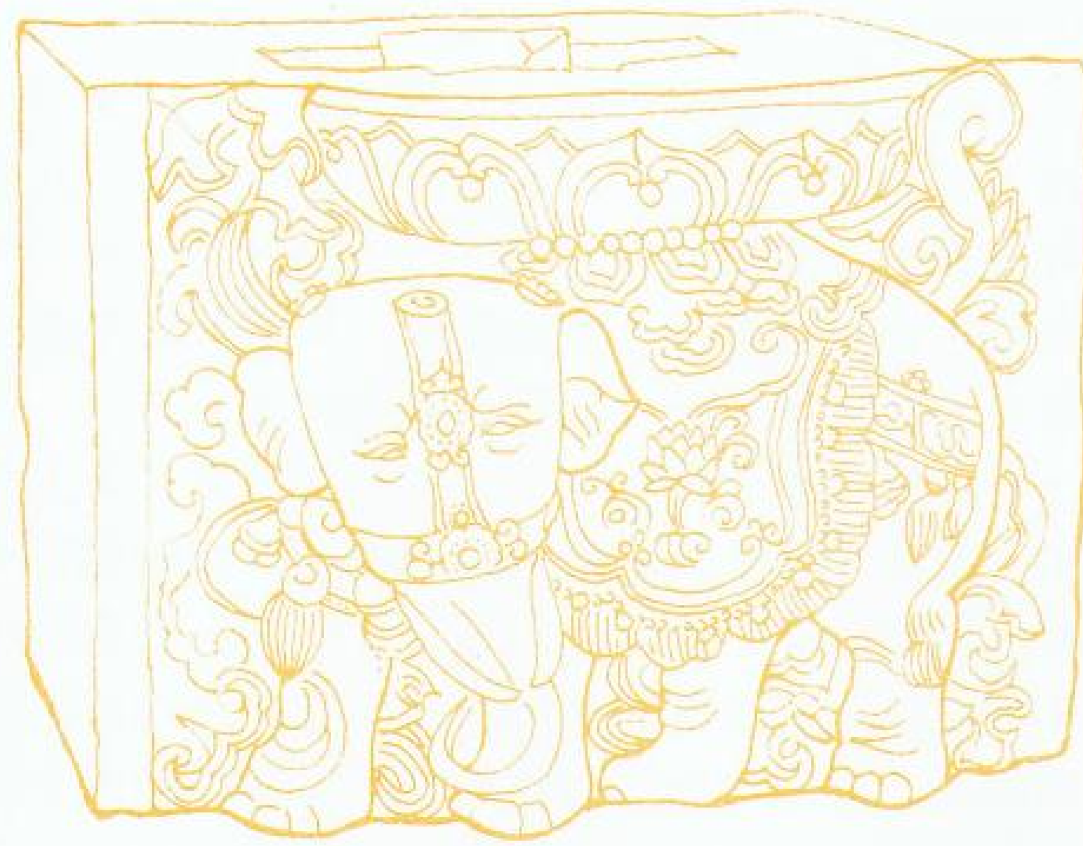


图8-5-3 （1）南京报恩寺塔彩色琉璃砖——彩釉雕像砖（高50厘米，厚40厘米，宽41厘米）



图8-5-3 （2）南京报恩寺塔彩色琉璃砖——彩釉雕女蟒飞天砖（高51厘米，厚32厘米，宽45厘米）



图8-5-3 （3）南京报恩寺塔彩色琉璃砖——彩釉雕狮子砖（高44厘米，厚33厘米，宽45厘米）

图。颜色有白、黄、碧、青各种，彩色缤纷。元大都设有琉璃窑厂。明清故宫是在元大内废墟上修建起来的，时常在地下出现元大内的各色琉璃瓦件。此外在山西、河北等省古建筑中保存不少琉璃桌椅、香炉、瓶罐以及建筑上的琉璃装饰。如山西霍山山顶上有一座绚丽的琉璃塔，名飞虹塔，亦创建在元代，经过明代重修，包括佛像佛龛、棂窗、花朵、流云，都是用各色琉璃烧制的。此外，南京大报恩寺塔，琉璃砖版，形象生动、这是明代琉璃中重要实例（图8－5－3）。明清的琉璃照壁很多，如山西大同、平遥、北京故宫北海都有色彩丰富、造型生动的琉璃九龙壁（图8－5－4），此外还有多座琉璃建筑（图8－5－5）



图8-5-4 （1）北京北海九龙壁全景



图8-5-4 （2）北京北海九龙壁局部外观



图8-5-5 （1）北京故宫乾隆花园小亭琉璃顶及漏窗

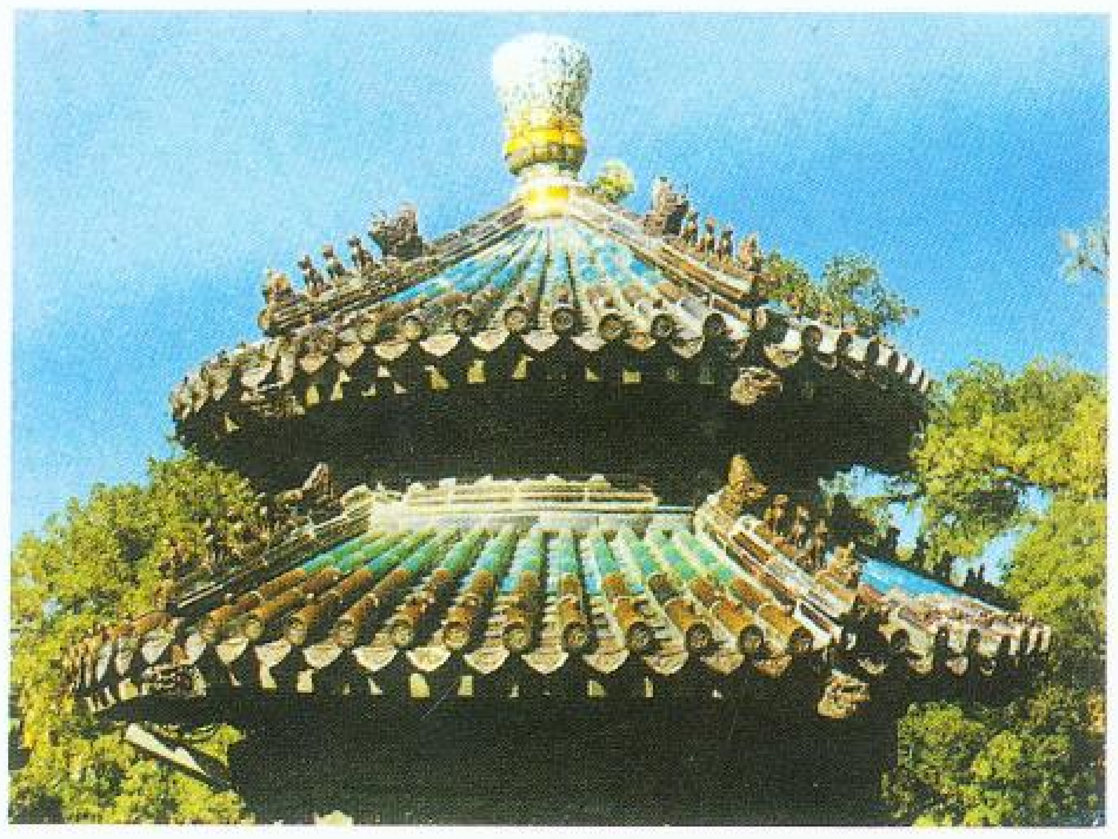


图8-5-5　（2）北京故宫乾隆花园碧螺亭琉璃顶



图8-5-5　（3）北京北海琉璃阁

和琉璃牌坊等建筑。在北京郊区（图8-5-6）以及河北承德外八庙等处都有许多琉璃建筑（图8-5-7）。在明清时代各地方建筑使用琉璃的亦不少，全国各地设有琉璃窑厂，现存北京琉璃窑厂创建于明代，原址在正阳门外，清代晚期迁至西郊门头沟，至今已有五百多年历史（图8-5-8）。在明代除住北京的坐班匠外，每年来京的轮班匠，近两千人。直到清末，琉璃生产，十分兴盛。

自从劳动人民创造出制作琉璃工艺以后，随即为奴隶主、封建主等剥削阶级所垄断。从地下发掘出的装饰品、殉葬品以及地上建筑构件，都是属于统治阶级的。在封建社会后期，封建统治阶级的宫殿府第，屋顶多使用了琉璃正吻（图8-5-9）琉璃瓦，釉色也是等级森严，帝王宫殿以黄色为尊，王宫府第则以绿色为贵。明清北京故宫，上万间的宫殿，满铺黄色琉璃瓦，在阳光照耀下，金黄明亮。它显示着我国古代劳动人民的智慧创造，并成为中国古代重要建筑屋面的特征之一。

二　琉璃釉料的制作

制造琉璃的主要原料，是采用含有硅酸盐类的天然矿，用高温熔为稠斗，制成各种饰物。陕西张家坡出土的西周釉陶片，经科学鉴定，焙烧时温度达千度以上。关于古代制作琉璃的工艺，文献上有所记述，如唐人颜师古注《汉书》壁琉璃云：《今俗所用皆以消冶石为汁，加以众药而为之》。文中的“消”即指硝，硝能溶解矿石。又汉杨孚撰清钊士勉辑《异物志》载：“琉璃本质是以自然灭冶之可为器，石不得此，则不可释”。说明制琉璃工匠在实践中已知道利用碳酸钙（即石灰石）以溶解矿石。

《营造法式》对制造琉璃的工艺记录较详：“凡造琉璃瓦等之制，药以黄丹、洛河石和铜末，用水调匀……。”所说三种配料，从化学分析，是制的绿色琉璃瓦。黄丹为铅所炒成的，加铜末成绿色釉，洛河石为石英之类河卵石，是从河南洛河中选用的，所以称为洛河石。其中的石英类，合以黄丹铜末，可得光亮绿色琉璃，这符合宋朝喜用绿色琉璃的情况。又：“凡合琉璃药所用黄丹阙炒造之制，以黑锡盆硝等入镬煎一日为粗扇，出候冷，捣罗作末；次日再炒，塼盖罨；第三日炒成。”这是八百年前制铅丹之法。炒铅要加盆硝，即颜师古所称“皆以硝治石为汁”之意。硝在化学上名硝酸钾，能熔多种矿物。“镬”即铁锅；“粗扇”为粗粒；“罨”即覆盖。关于配料的比例也有记载：“造琉璃瓦并事件，药料每一大料用黄丹二百四十三斤，每黄丹三斤用铜末三两，洛河石末一斤。”

关于古代制铅粉的方法，据李时珍《本草纲目》载：“锡为白锡，铅为黑锡，又曰金公，变化

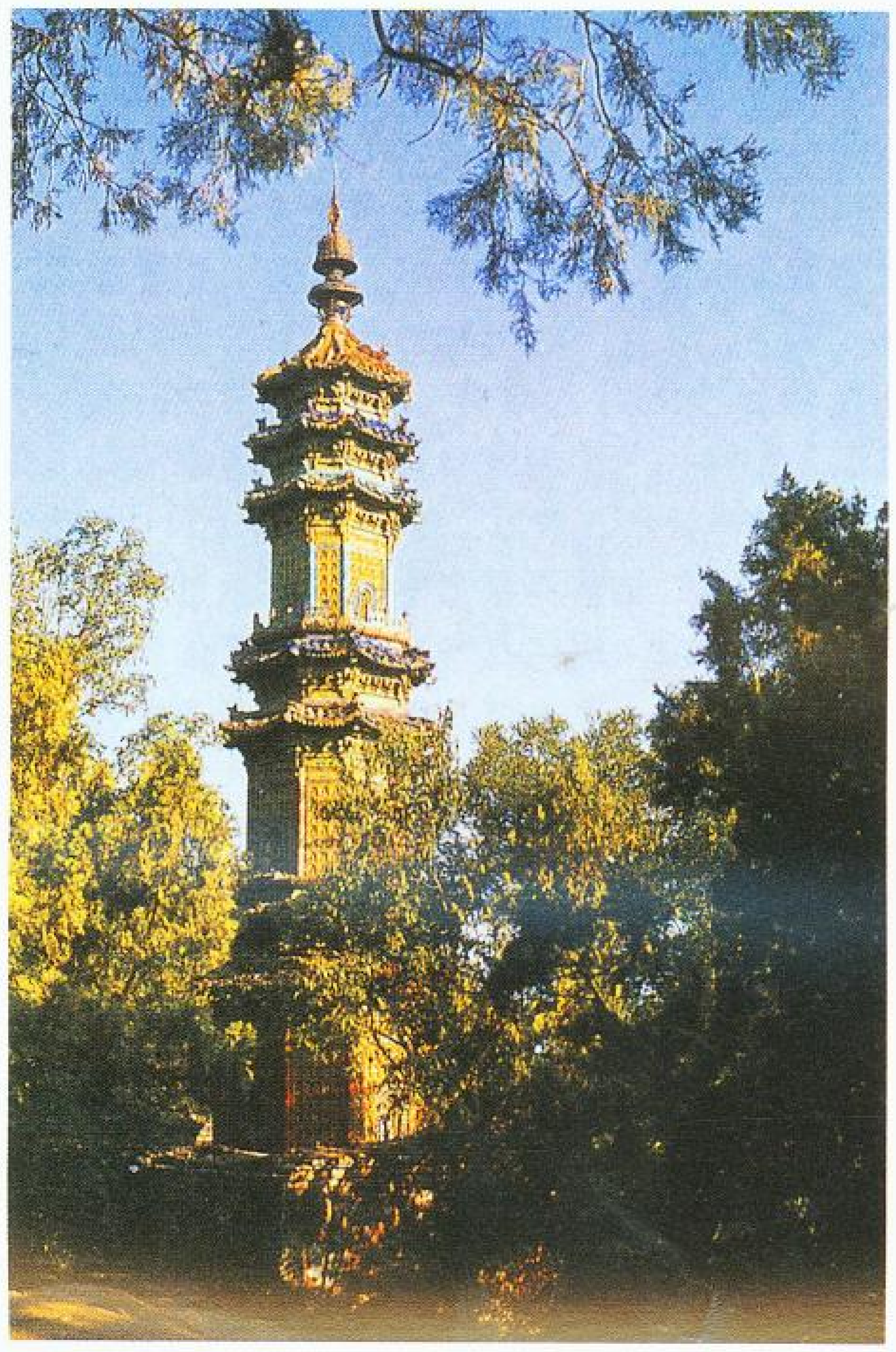


图8-5-6　（1）北京颐和园多宝塔

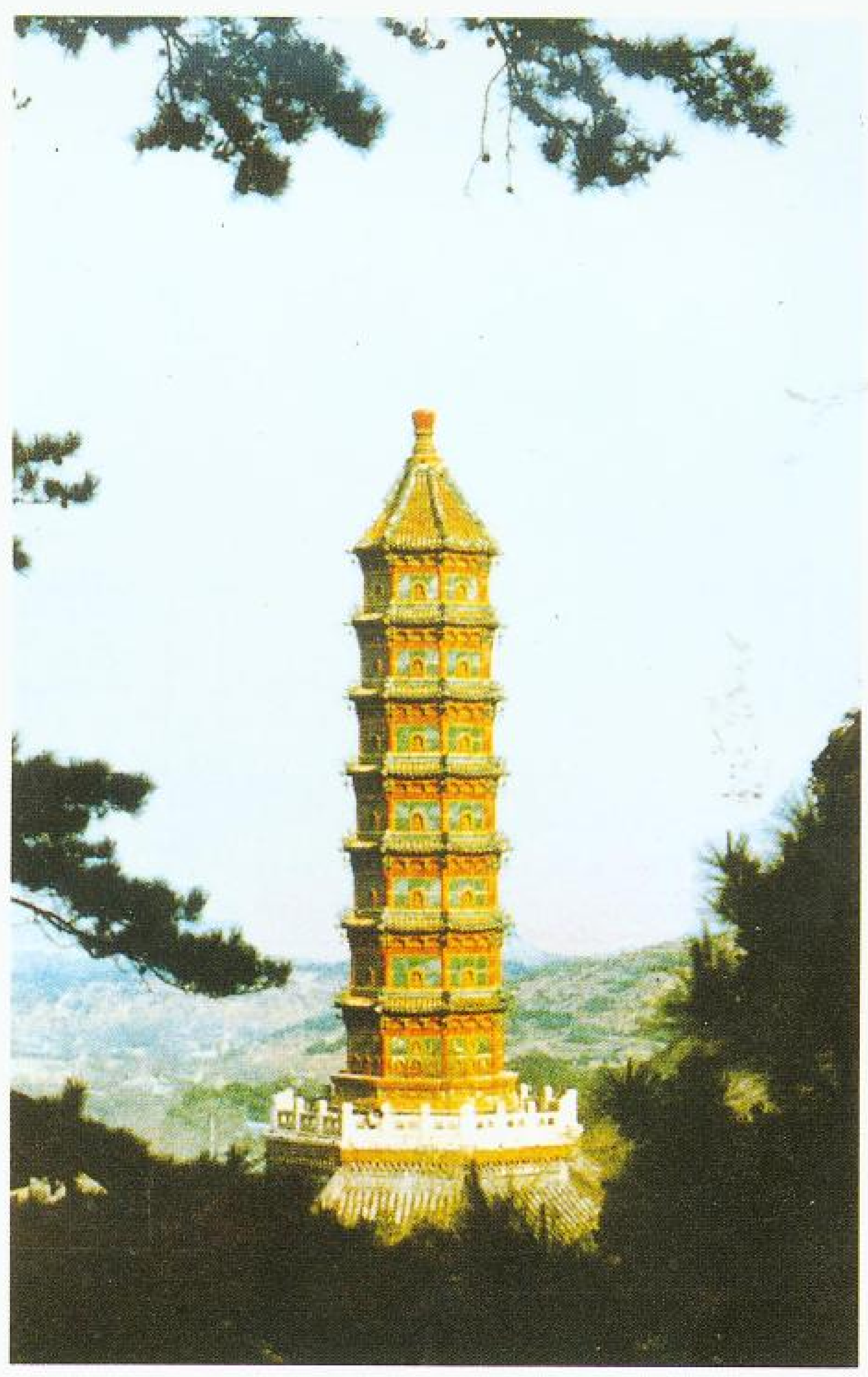


图8-5-6　（2）北京香山琉璃塔

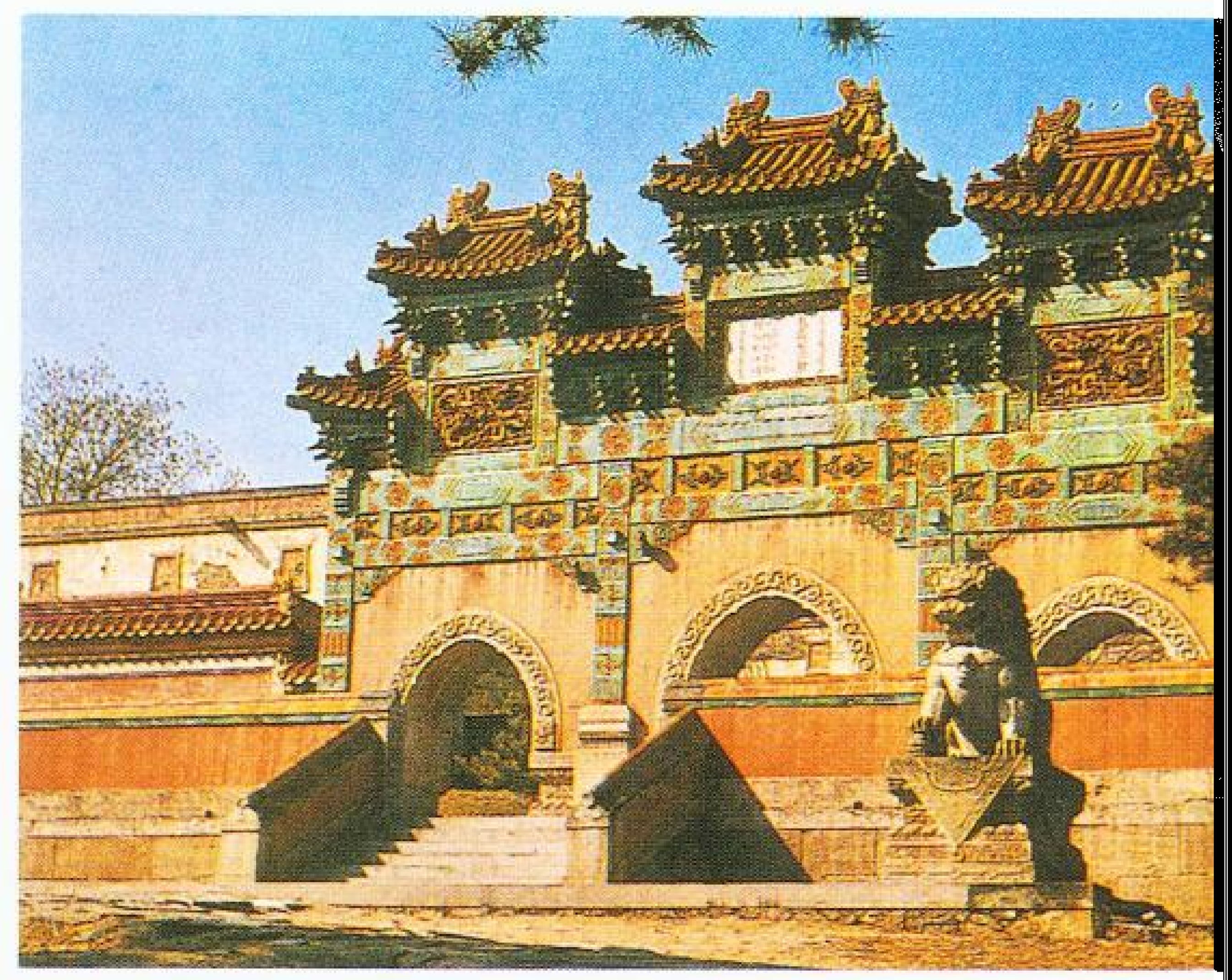


图8-5-7　（1）河北承德普陀宗乘之庙琉璃牌坊

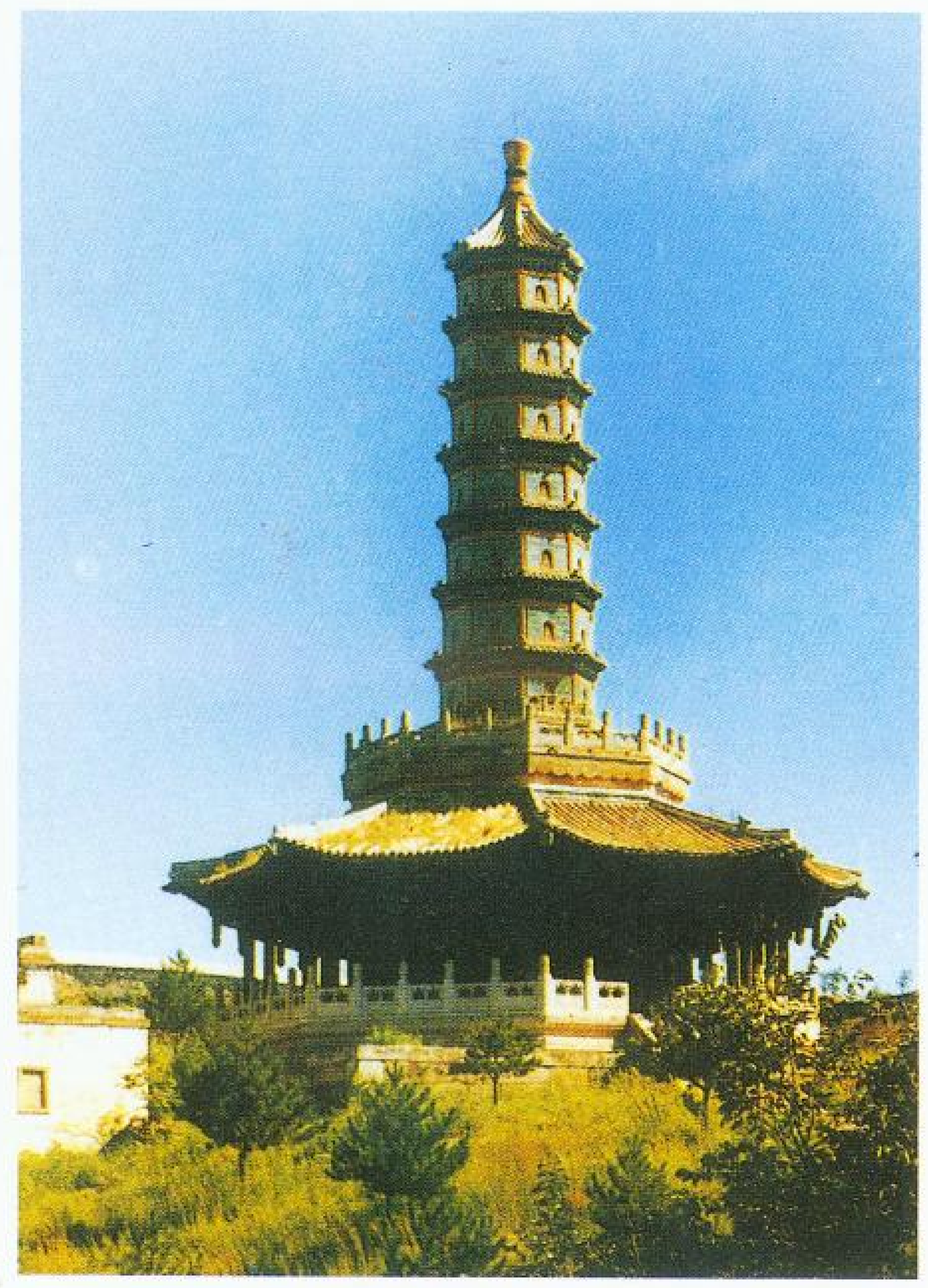


图8-5-7　（2）河北承德须弥福寿庙琉璃宝塔

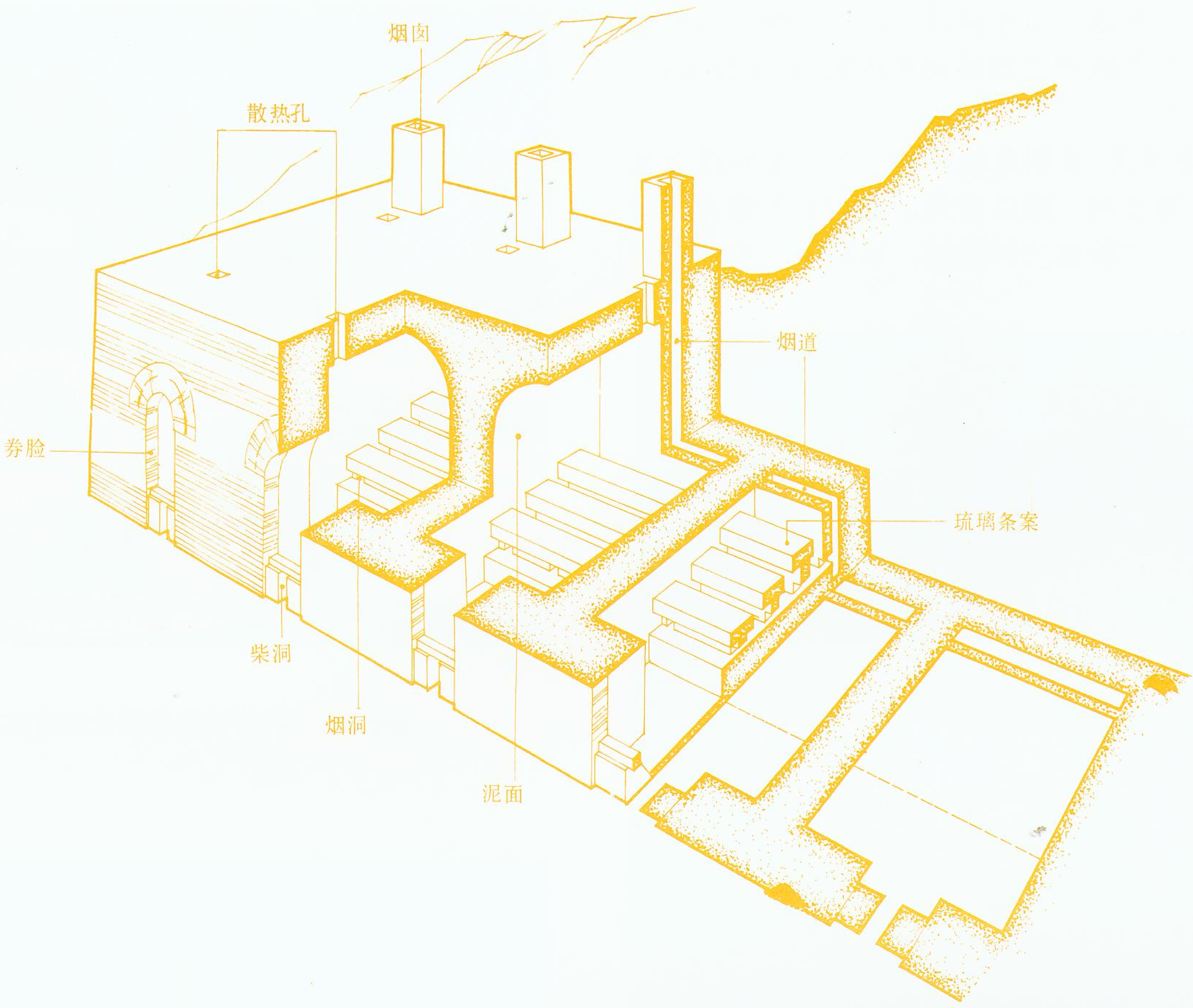


图8-5-8 （1）北京门头沟琉璃砖瓦窑旧式窑剖视图



图8-5-9 琉璃正吻

1.券尾；2.龙身；3.剑把；4.脖子；5.前爪；6.背兽；7.后爪；8.中央；9.吻口；10.吻座；11.火焰

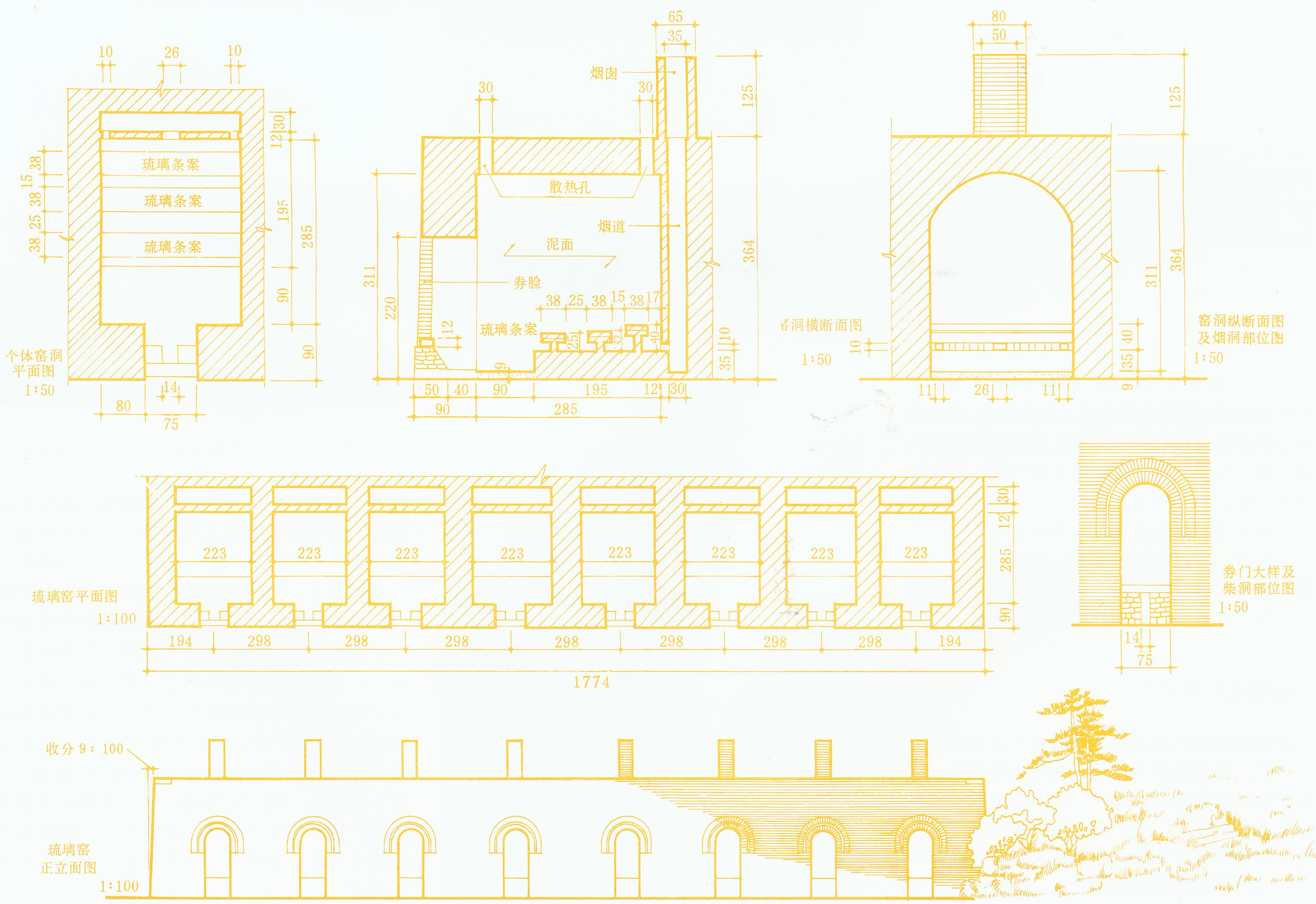
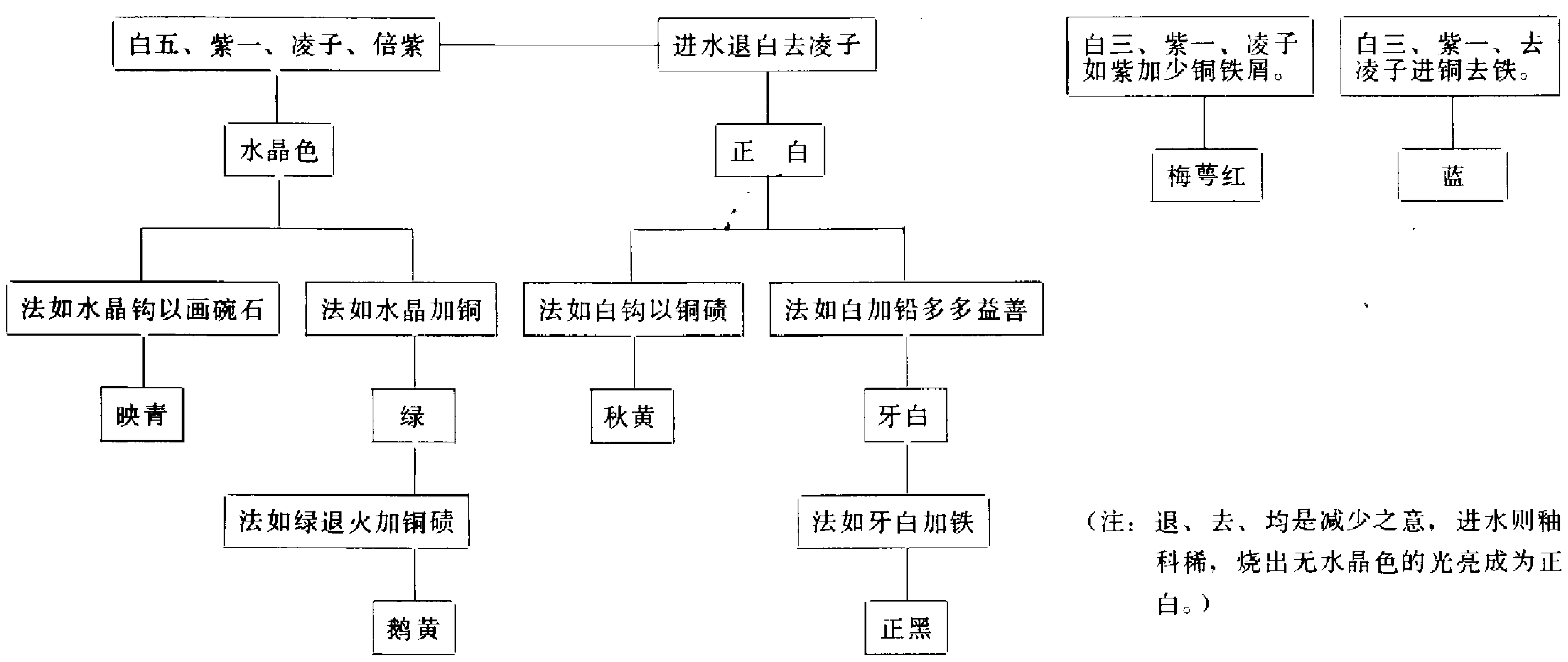


图8-5-8 （2）北京门头沟琉璃砖瓦窑旧式窑平面及立面图（单位：厘米）

表5



（注：退、去、均是减少之意，进水则釉料稀，烧出无水晶色的光亮成为正白。）

最多。一变而成胡粉，再变而成黄丹，三变而成密陀僧，四变而为白霜。”这是铅在氧气和酸的作用下，由于温度不同，可分别变为几种铅的化合物。李时珍又言：“旧时制铅法，每铅百斤，熔化削成薄片，卷作筒，安木甑内，甑下甑中各安醋一瓶，外以盐泥封固，济㸑封缝，风炉安火四面，养一七便扫入水缸内，依旧封养，次次如此，铅尽为变，不尽者留炒作黄丹。”李时珍还引独孤滔《丹房鉴源》云：“炒铅丹法，用铅一斤，土硫磺十两，硝石一两，熔铅成汁，下醋点之，滚沸时下硫磺一块，少顷下铅少许，沸定再点醋，依前下少许消黄，待为末，则成丹矣。”李时珍还引何孟春《余冬录》云：“嵩阳产铅，居民多造胡粉，其法：铅块悬酒缸内，封闭，四十九日开之，则化为粉矣。化不白者炒为黄丹；黄丹滓为密陀僧三物收利甚博。”十七世纪，孙廷铨著《琉璃志》，对于琉璃釉色配料比例记载较详，可视为以前经验的总结，嗣后数百年，基本继承其法。简录如下：

“琉璃者以石为质，硝以和之，礁以煅之，铜铁丹铅以变之，非石不成，非硝不行，非铜铁丹铅则不精，三合然后生。白如霜，廉削而四方，马牙石也。紫如英，札札星星，紫石也。核而多角，其形以璞。凌子石也，白者以为干也，紫者以为软也，凌子以为莹也，故白以为干则刚，紫以为软则斥之为薄而易张，凌子以为莹则镜物有光。硝，柔火也，以和内；礁，猛火也，以攻外。其始也石气浊，硝气未澄，必剥而争，故其火烟涨而黑，徐恶尽矣，性未和也。火得红，徐性和矣，精未融也，火得青。徐精融矣，合同而化矣。火得白。故相火帝者以白为候，其辨色也，白五之，紫一之，凌子倍紫，得水晶。进其水，退其白，去其凌子，得正白。白三之，紫一之，凌子如紫，加少铜及铁屑焉得梅萼红。白三之，紫一之，去其凌子，进其铜，去其铁得蓝。法如白，钩以铜碛得秋黄，法如水晶，钩以画碗石，得映青。法如白，加铅焉，多多益善，得牙白。法如牙白，加铁焉，得正黑。法如水晶，加铜焉，得绿。法如绿退其铜加少碛焉得鹅黄。凡皆以硝之数为之程。”根据原文可列成表5。

多色釉大约是从唐三彩发展而来。琉璃釉瓦体宋代以前多为绿色或棕黄色，元代即已用多种釉彩，在明代配料除用矿石外有时还与植物料合用。如《天工开物》载：“……其制为琉璃瓦者，或为板片，或为宛筒以圆竹与斫木为模逐片成造……造成，先装入琉璃窑内，每柴五千斤烧瓦百片，取出，成色以无名异，棕榈毛等煎汁涂染成绿黛，赭石、松香、蒲草等染成黄，再入别窑，减杀薪火”。

从北京琉璃厂的档案资料中，可以得到明清时代琉璃配方的材料。琉璃配料以一“锅”为单位。每锅可制五百件琉璃瓦件。现将各色琉璃配方列于表6。

三　制胎和挂釉

琉璃砖瓦的制作，分为二步。一制胎、二挂釉。陶胎制好后放入窑中焙烧，然后在烧成的陶胎上挂釉，再放入烧色窑中进行第二次焙烧。具体工艺流程见表7。

早期的胎土多是一般的粘土掺以细砂。由于粘土含铁量多，所以呈现红色。明代初年，胎土的使用有了明显的变化。明洪武六年（1373年）曾在濠州（今安徽凤阳）修建中都，从遗址中发现琉璃砖瓦的胎土，有粘土掺砂的，有页岩石的，有高岭土白泥的。修建南京宫殿时，用从太平府（今安徽当涂县）所产的白泥制胎。到明成祖修建北京宫殿时，还是从太平府由水路运来白泥。其后，在北京门头沟煤矿上层发现页岩石。于是就地取材，不再由江南运输白泥了。

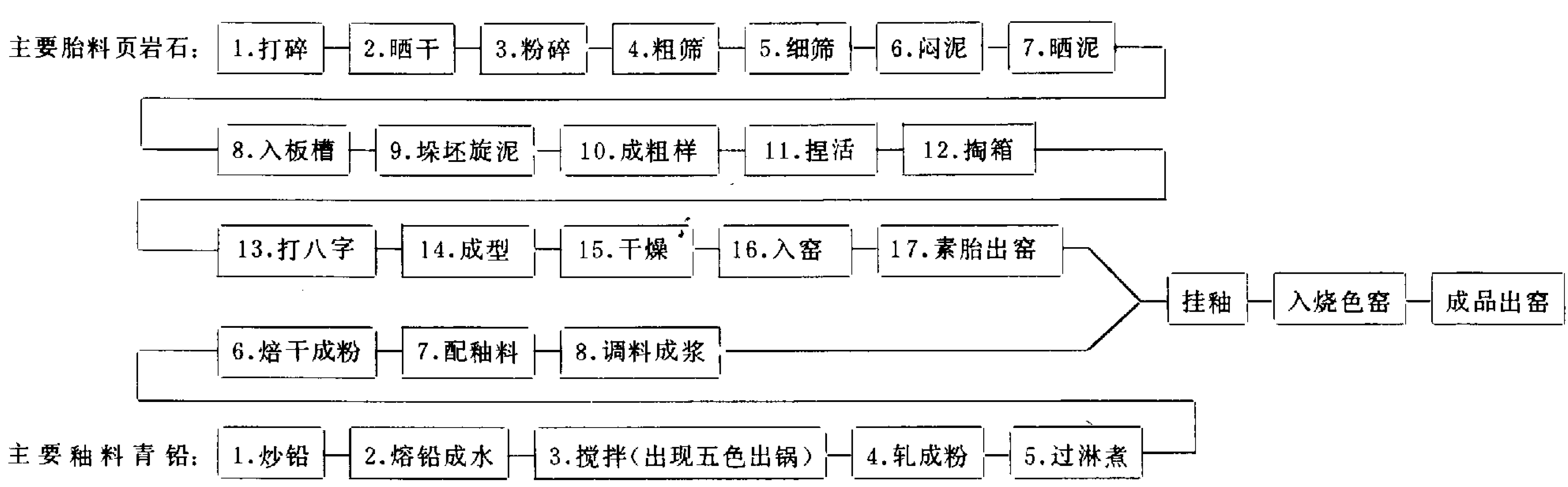
采来的页岩石去掉渣子进行晾晒，名为“晾土”，所需时间号称“三伏两夏”，即一至二年。经过晾晒后，再碾轧碎粉用粗筛将土末筛去，再用

表6

	颜色＼重量＼名称	铅	码牙石	紫石	铜	铜绿	拢砂	火硝	粉	洋青	硼砂	大碟	红铜	青紫	大青石	红石	土子
1	黄色硬方	三十斤	十二斤	二十八斤													
※2	碟色方	三十斤	十二斤		二斤												
3	碟色硬方	三十斤	十三斤			二斤	四两										
4	碟色软方	三十斤	十一斤		三十两												
※5	天青色方		七斤四两	三斤				二十二斤	十八斤	七斤	二斤四两						
※6	翡翠色熟料方		五十斤					一百斤			二斤	六斤					
※7	翡翠色方		十九斤	二斤半				三十一斤	九斤		二斤半	一斤四两	半斤				
※8	炼料紫色方	十斤	十四斤	三斤十二两				二十二斤	八斤		二斤半			三斤十二两			
※9	大青色		四两		一斤半			十一斤	九斤	八斤半					四两		
※10	白色方软方	一斤	半斤						五钱								
11	黑色软方	十五斤	五斤半									一斤四两			十两	一斤	十两五钱
12	黑色硬方	一斤	五两九钱			一两三钱										一两四钱	八钱
13	紫色炼方	十九斤	十四两	三斤半				二十四斤半			四两			四斤			
14	黑色软方	一斤	五两			五斤									五钱	一两	一两五钱
15	翠色炼料方	七斤半	二十五斤					五十斤			二斤	七斤					
※16	紫色软方	三斤	一斤														
※17	翠色软方	三斤	七两			一斤四两									八两	一斤四两	一斤
18	黑色软方	十五斤	五斤半														

※　表中序号　②原注每两铅用铜六分六厘约合二斤；　⑤粉即铅粉；　⑥熟料已有铅；　⑦与⑤同；　⑨原写官粉即铅粉；　⑨同⑧；　⑩同⑧；　⑬火硝原写硝；　⑯除码牙石、铅料还有半锅紫料七斤；　⑰同⑯。

表7



70—80目绢罗筛出细粉，放在水池中沉腐，浸润成泥，一般经五至七天，名为“闷泥”。闷泥时间越长越好，目的是去其暴性，加强其塑性，成泥以后，再进行搅拌揉合。以柔软泽润的程度为准，旧时一般是人工用双脚践踏，在南方也有用牛践踏的。人工践踏，十分艰苦，起初双脚入泥池时不能自拔，但必践踏到以不粘脚为度，这个工序称为“弄熟”。胎泥弄熟，即进行制作粗坯。

琉璃瓦件有砖瓦、花活之分，其工艺都是雕塑。以制大吻为例：先用四块木板搭成方框形的模板，其尺寸按吻块大小稍加放宽，将泥置于模板内再由人工踩，称为“踩板子”，踩过一层，有时用手划出小沟再续泥一层，如此几次，则泥粘连坚固，然后撤下木板，用泥拐子，铁弓子削出粗样。平放六、七天，使泥的水份挥发出去，达到立放不倒的程度。再在工作案上度量高矮和宽度，按照型式比例，进行铲削，成吻的雏形坯，术语叫“打粗样”，又称为“打坯”。此后随即着手雕塑。在进行雕塑中，有几种工艺过程，旧称“捏活”、“抹活”、“光活”，总名“成型”。再经几天风干，硬度达到不致走形时，开始“掏箱”。所谓掏箱，即将原来实胎中间胎泥铲削，使内部空洞如箱，入窑时易于烧透，又可减轻重量。掏箱之后，用芦席覆盖阴干，约二十天左右即可分块入窑。大吻虽然分块制作，而所使用的泥必须一次合成，并且同一窑烧制，雕刻花纹，要注意各块之间的衔接，每块边缘略为铲出斜柳叶形错缝，名为“打八字”，在拼装时，要尽量减少露缝现象。龙吻的“剑把”之下，贯一铁柱，其式如剑一般插在吻的空箱内，安装时，用铅丝将各吻块联起来，防止吻块松散。原来古代鸱尾后部，有铁制“拒鹊叉子”，或加抢铁以拒鹊栖。龙吻处改成剑把，与拒鹊叉子相比，多了结构上的功能；因此，剑把已成为龙吻构件之一了。吻的后下角留一方形空余地方，为垫板吻座部位。垫板吻座的胎泥比大吻更要求细腻，烧出后硬度更强。制吻座的泥称为“回笼泥”，即将制吻块之泥再一次弄熟，工序细，耐压，承托大吻，免使吻块后部有下溜现象，影响吻的整体的稳定。

瓦件素胎烧成后，即进行挂釉，亦称“挂色”。上釉部位，《营造法式》的记载是：“凡造琉璃瓦等之制，药以黄丹、洛河石和铜末用水调匀（冬月以汤），甋瓦于背面，鸱兽之类于安卓露明处，并遍浇刷、瓪瓦于仰面内中心”（重唇瓪瓦仍于背上浇大头，其线道条子瓦浇唇一壁）。

这种规定说明，釉仅施于露明部分，非露明部分则为素坯。这样做既节约釉料，在构造上也有利于同石灰的粘结，其办法是合理的。宋代以后的做法都如此。挂釉时如为一种颜色，手续简便。釉料调成稀浆后，筒板瓦是用铁勺浇釉、龙吻、套兽、背兽之类则醮釉；吻花活之类，有二、三色釉彩的，则用棕榈毛刷分别在各部位抹釉，细致如绘画着色。

在明代以前，我国琉璃工艺以山西为最发达，现在山西各地庙宇中保存的琉璃器物有不少为元代的。明中叶以后，北京琉璃工匠中山西人很多。因之北京琉璃制造工艺深受山西琉璃技术的影响，形成了山西系的官式做法。几百年来，他们世代相传，积累了丰富的技术经验，创造了许多光耀夺目的琉璃制品，并留下了整套的制作琉璃的工具（图8-5-10），成为研究明代琉璃生产的重要资料。

从宋元以来，烧窑一般都用草柴、荆蒿一类的“棒柴”；其优点是火柔而匀，柴烟少，对胎和釉色可减少烟熏的污染。烧窑的火候要求初入窑时低，中期高，后期居中。烧胎窑960℃左右，烧色窑880℃左右。窑膛中温度又分上、中、下三部，根据窑膛温度的不同，涂釉用料配方也要相应变化。如上部所用主要料的铅，溶化较慢，则多加石英，称为“硬方”；铅烧时间长，则易于影响釉泽的光亮，因而铅要少些，石英多些。中部则铅多称为“软方”。釉料涂在胎上要厚薄均匀，一般一色的釉如筒、板瓦之类釉料厚度1厘米左右，吻和花活2厘米左右。

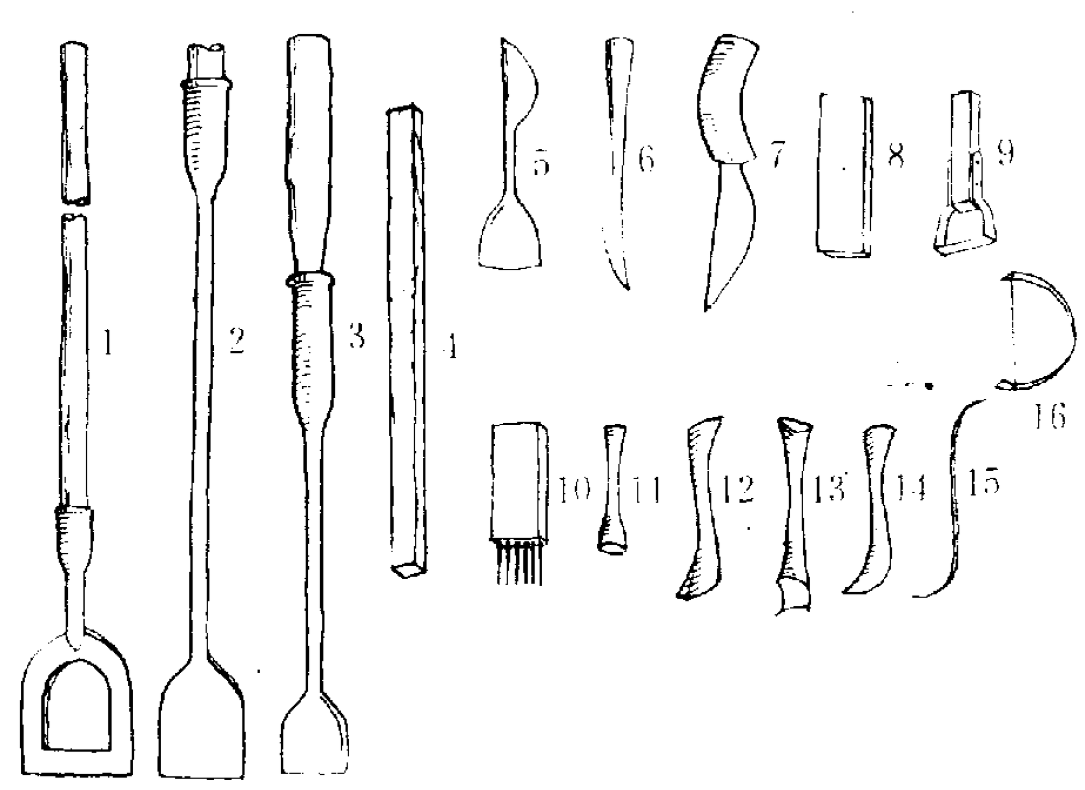


图8-5-10　琉璃工具

1.泥铲；2.大铲刀；3.小铲刀；4.端木
5.燕铲；6.抹刀；7.割刀；8.刮刀；9.搜子；10.糟子；11.戳；12.掐斗子；13.鳞卡子；14.划尺；15.铁划尺；16.弓子

表8　历代所用材料名称及其化学成分

名　称	资料来源	化学成分
铅	《窑厂账簿》	P_6
黄丹	《营造法式》、《窑厂账簿》	四氧化三铝 Pb_3O_4
素陀僧		一氧化铝 PbO
火硝 盆硝	《汉书》、《营造法式》 《琉璃志》、《瓷厂账簿》 《琉璃志》、《瓷厂账簿》	钾　硝石 KNO_3
硼砂 盆砂	《窑厂账簿》	晶体硼酸钠 $Na_2B_4O_1\ 10H_2O$
挠砂 硇砂	《窑厂账簿》	氯化铵 NH_4C1
无名异 土子1）	《天工开物》 《窑厂账簿》	二氧化锰 MnO_2
自然灰	《异物志》	石灰石 $CaCO_3$
码牙石 石英 洛河石2） 水晶	《窑厂账簿》 《窑厂账簿》 《营造法式》 《琉璃志》	二氧化硅 SiO_2
大青石	《窑厂账簿》	碱式碳酸铜 $CuCO3, Cu(HO)_2$
紫石 红石	《窑厂账簿》 《窑厂账簿》	氧化铁 Fe_2O_3
琉磺	《营造法式》	S
凌子3）	《琉璃志》	硝酸钾
画碗石4）	《琉璃志》	
白泥	《天工开物》	瓷土
坩子土	《窑厂账簿》	页岩石 $Al_2O_3\ 2SiO_2,\ 2H_2O$
页腊石	《窑厂账簿》	硅酸铝 $Al_2SiO_4O_{10}\cdot(OH)_2$

1）土子：又名无名异，见于《本草纲目》：“无名异形似石类，味别生”，广深山中一色数百枚小黑石子也，用以煮蟹炼桐油收水气。在矿物中无名异为锰矿。琉璃窑厂老账有“土子”一名。经化验，土子含锰极多，有少量的铁。在维修古建筑工程中，炼桐油要用土子。

2）洛河石：《营造法式》卷十五云：“凡造琉璃瓦之制药以黄丹、洛河石和铜末用水调匀”。所记配料应是绿色黄丹为铅所炒成，加入铜末，再加入石英即可得绿。洛河石应为石英石，据宋史记载系产于河南洛河通巩县。每年水暴涨，必冲刷卵石至于下游河床。当时人们拣其中石英类卵石以制琉璃，因名“洛河石”。本表将洛河石列入石英类。

3）凌子：《琉璃志》载有“凌子”一名，称琉璃料加凌子有莹光。《本草纲目》中有凌水石的记载，说该石产于盐地，拆片投水中，与水同色。夏月研成末粉，煮汤，入瓶倒悬井底即成凌水。照此描述似为钾硝石，即硝酸钾。因为：硝石产于盐地；拆片入水与水同色，溶于水，末粉入瓶倒悬井底成冰（硝酸钾溶水时可使周围少量水成冰）。据此，“凌子”、“凌水石”或为同一物，故暂定为硝酸钾。

4）画碗石：《琉璃志》载：在配料中，映青色须钩以画碗石。《明会典》有“碗石”一词。据近人所著《石雅》引《正字通载》：“庐陵产黑赭石，磨水，画瓷坯，初无色，烧之成天蓝色，盖青料也”。景德镇取之昔源，名“画烧青”，一曰无名子。又，《江西通志》云：无名子，出天冈；景德镇用以绘画瓷器。其实，此乃氧化钴矿（aslfolite〔CoO〕），质异于锰，然往往以锰矿出。今云南犹有产者，俗称“碗花青”，取烧瓷得青为义。似赭而微黑，故一名“黑赭石”。据此，画碗石、碗石、无名子、黑赭石、碗花青、均名异而实同。

第六节 石灰及胶泥

石灰是建筑工程中使用很广泛的建筑材料。它是以石灰石及贝壳为原料，在 800°—900℃的温度下煅烧而成。石灰石的主要成分是碳酸钙，经煅烧后排除了二氧化碳气体，得到氧化钙，即生石灰。生石灰的性质十分活跃，吸湿性强。在《天工开物》中对石灰的这一特点有简略的记述，即“烧酥石性，置于风中，久自吹化成粉，急用者以水沃之，亦自解散。”生石灰加水熟化，变成氢氧化钙以后，能进一步吸收空气中的二氧化碳，还原为碳酸钙，重新结硬。所以，一般砖石砌筑使用石灰胶泥，可以大大提高砌体的强度与稳定性；墙体用石灰粉面，可使墙面更为平整、光洁和耐用；石灰也广泛用于土作工程，使三合土及夯土技术获得进一步发展。

一 石灰的产生及生产

在新石器时代的建筑遗址中，就出现了用碳酸钙一类的物质粉面，它们较多的是将天然的含碳酸钙丰富的礓石粉碎，然后调水使用。这种以礓石为原料的“白灰面”，未经煅烧过程。以西安南殿村仰韶文化遗址的礓石面与北京顺义县东府汉墓的石灰对比分析为例，可以明显看出它们的区别。礓石面岩相观察其晶体偏大，而且大部分以单独的碳酸钙晶体形式存在，石灰晶体尺寸小呈隐晶分布，在显微镜下呈布朗运动，系次生碳酸钙（图 8－6－1）。其化学成份，礓石面的二氧化硅的含量高达 13.60，石灰中的二氧化硅仅有 3.49；礓石面中的氧化钙含量仅为 42.80，石灰的氧化钙含量却达 51.98。外形观察，礓石面白色带黄，触摸质感呈颗粒状，而石灰则颜色纯白，质感细腻。所以“白灰面”不应混同于石灰。

据《左传》所述，成公二年（公元前 635 年）“八月，宋文公卒，始厚葬，用蜃炭。”这里所说的“蜃炭”，《左传注疏》里指明“烧蛤为炭，亦灰之类”。说明用贝壳石煅烧成的石灰，在我国春秋战国之时已被人们所认识，并利用灰类极易吸收水分的特性，将其用于防潮。

至公元前后，随着砖石材料的发展和砖石结构技术较广泛的采用，石灰开始被应用在建筑工程中。在我国汉代的建筑中，特别是砖石墓室，可以看到砌筑的胶结材料和粉刷的饰面材料使用了石灰。陕西省西安西郊汉代礼制建筑，据考古发掘报告表明，其墙面在草泥底上施以白灰罩面[81]，时间当在新莽时期（公元 9—23 年），但由于缺乏化验资料尚不能断定就是石灰。

河北省望都二号墓，建于东汉灵帝光和五年（公元 182 年），砖砌体使用石灰胶结，砖拱券用石灰浆灌缝，墓的内壁及券面都粉刷了石灰面层[82]。与其时间相近的河北定县王庄汉墓的砖砌体也是用石灰胶结。上述两遗址灰样的碳酸钙含量都在 90%以上。望都汉墓的石灰标本化验得知：氧化钙含量为 49.10，氧化镁含量为 1.98；王庄汉墓的石灰标本化验得知：氧化钙含量为 46.27，氧化镁含量为 0.83。北京顺义县北小营

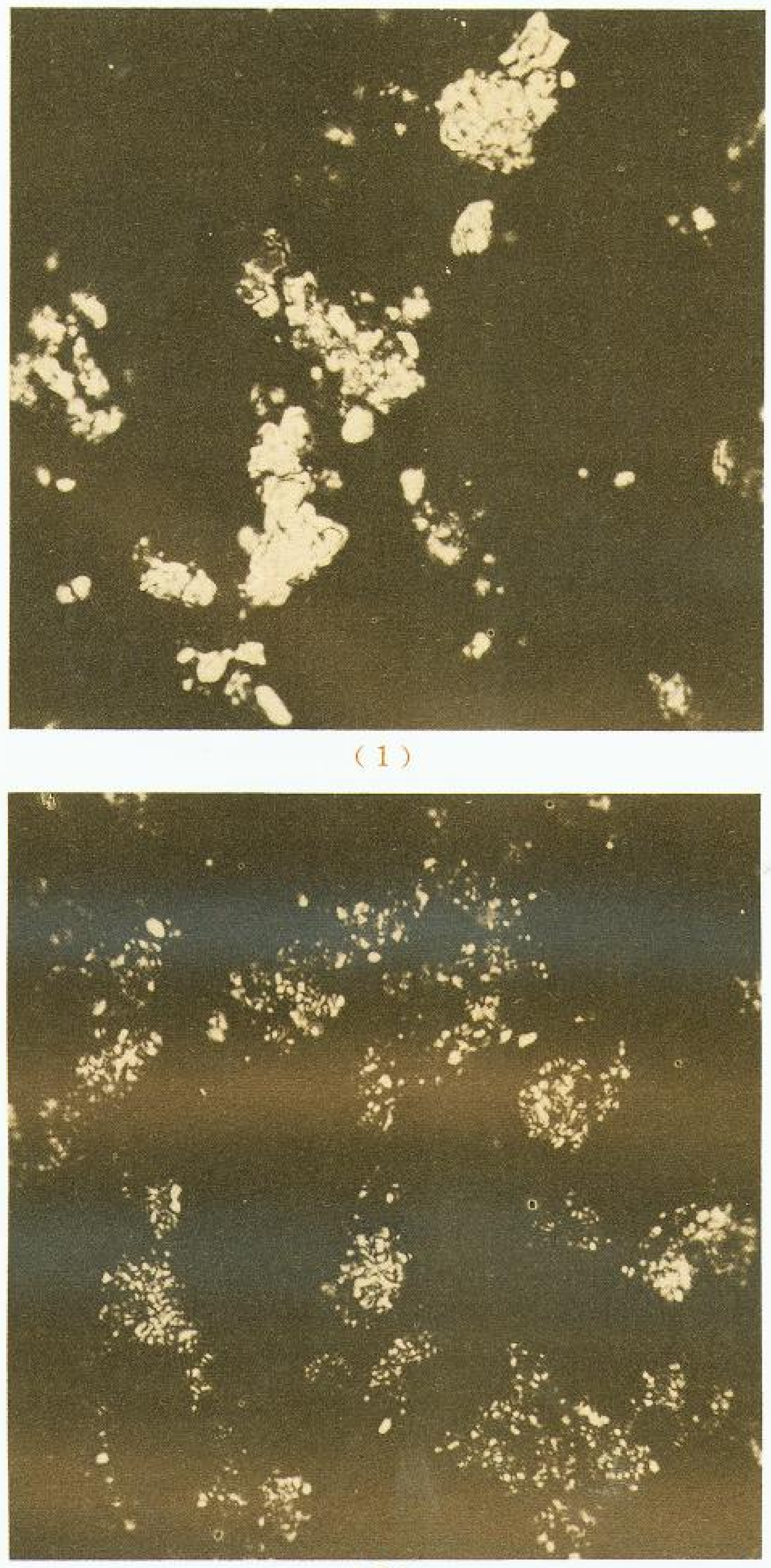


图8-6-1 仰韶文化礓石面及汉代石灰岩相鉴定

（1）西安南殿村仰韶文化遗址礓石面在 160 倍正交偏光镜下碳酸钙的形状

（2）北京顺义县东府汉墓石灰在160倍正交偏光镜下碳酸钙的形状

公社东府汉墓砖砌体的胶结材料同样是使用石灰，其标本化验结果得知：氧化钙含量为51.98，二氧化硅含量为 3.49。

辽宁省旅大市营城子古墓[83]葬群中的46号墓、52 号墓建造时间在东汉至高句丽初期，石间使用由贝壳煅烧的石灰胶结。

分析我国古代石灰标本，其组成成份与现代石灰没有什么差别，充分说明了我国古代石灰生产的高度工艺水平。我国古代石灰生产，从选矿、煅烧燃料到升降温的工艺，劳动人民在长期的生产实践中，都积累了丰富的经验。

《天工开物》中，对石灰原材料的选择有明确的规定，即“石以青色为上，黄白次之”，青色是密致石灰石，氧化钙含量高，粘土杂质含量低（不超过 2％）；而黄白色者，一般属泥灰质，白云质石灰石，粘土杂质及氧化镁含量相对较多。从古代石灰标本化验的数据推测，古代石灰多由氧化钙含量较高的密致石灰石煅烧而成。

我国古代对石灰石煅烧的温度和火候的控制，是有相当丰富的经验的。在《营造法式》中强调要“火力均匀而文”，这样煅烧“石中油膏，未脱本性而濡，化用其浆滋腻”；如“火紧而时间短”者，易产生“燃性未透”或“灰性烧枯”，于是“化用沉而不濡”。

到目前为止，尚未发现较早的石灰窑遗址，推测当时可能没有固定窑体。煅烧石灰石主要采用野窑，即就地将石灰石垒起，整个外部涂复粘土，留出排气孔，下部开燃烧室。据《营造法式》卷二十七窑作条有“烧造用芟草”的记载，石灰的煅烧当也是用芟草一类的长焰燃料。明代《天工开物》的插图（8－6－2）对石灰的生产有生动的描绘，在文字中对煅烧燃料记载甚详：“燔灰火料，煤炭居什九、薪炭居什一，先取煤炭泥和做成饼，每煤饼一层，垒石一层、铺薪其底，灼火燔之”。说明到明代煅烧石灰使用以煤炭为主的短焰燃料了。

当大宗的石灰用煤作燃料煅烧以后，石灰成本降低，因此明清以来对石灰的使用也较前代进一步普及。

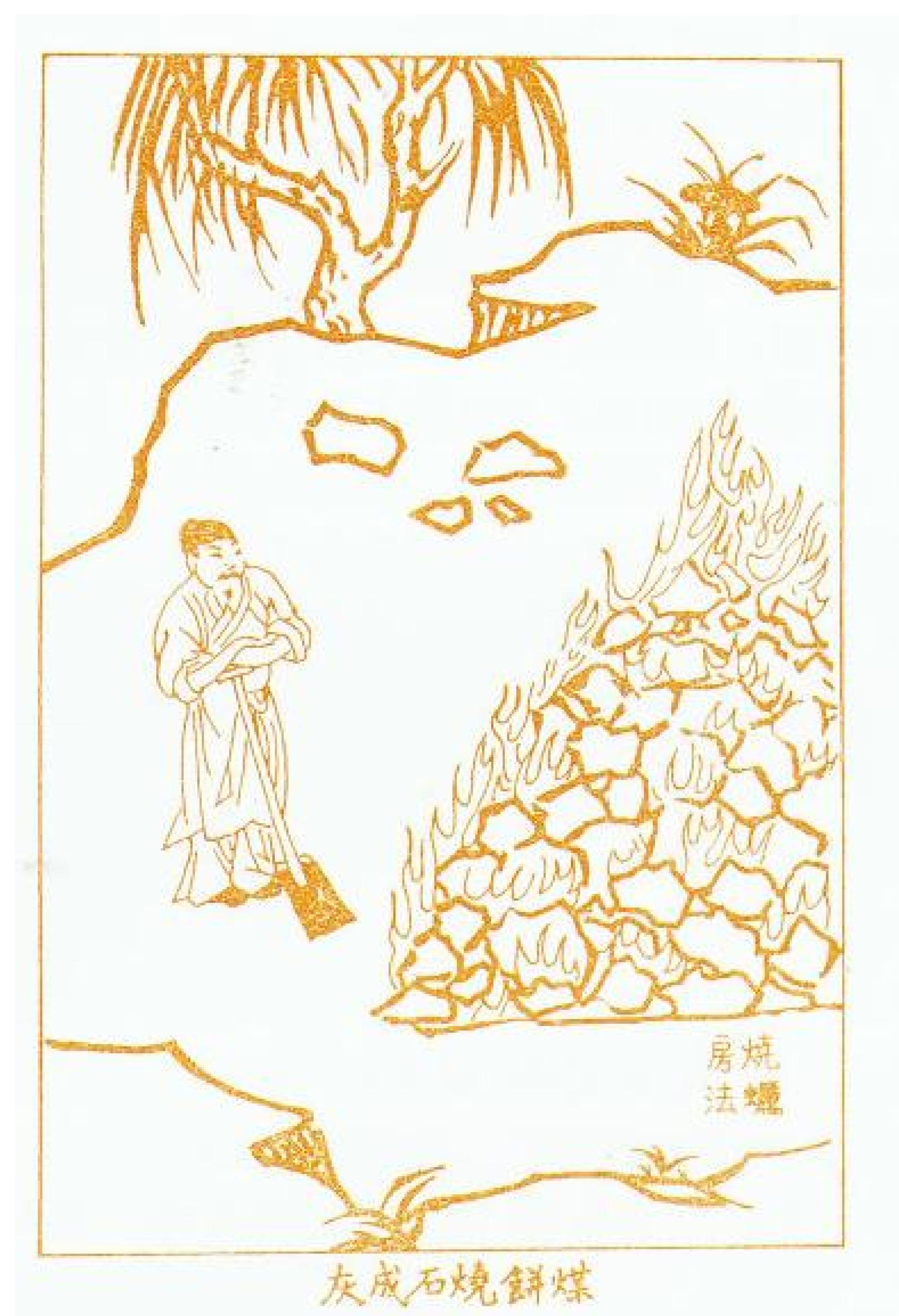


图8-6-2 《天工开物》煅烧石灰图

二 粉刷用石灰胶泥

石灰用于粉刷墙面，在《周礼考工记》已有记载，谓之“以蜃灰垩墙”。在汉代建筑遗址以及墓葬建筑中，刷以石灰浆或粉以石灰胶泥，已经多见，并且粉饰得极其平整光洁。汉代长安礼制建筑的墙面粉刷，就已有三个明显层次，即先用麦秸泥打底，分两次抹成 4 厘米左右，再抹一层谷壳细泥，最后在上面罩以白灰浆[84]。望都汉墓墓室内的券面刷以极薄的石灰浆，墙壁绘制壁画的基层也是用石灰胶泥粉平，灰工十分精美。

唐代洛阳宫城的夯土城墙遗址的石灰粉面全厚仅有 9—10毫米，表面极为平整（图 8－6－3）。从其断面来看，大致可以分出基层、结合层、面层及装饰层几道工序。其基层找平处理，厚度约

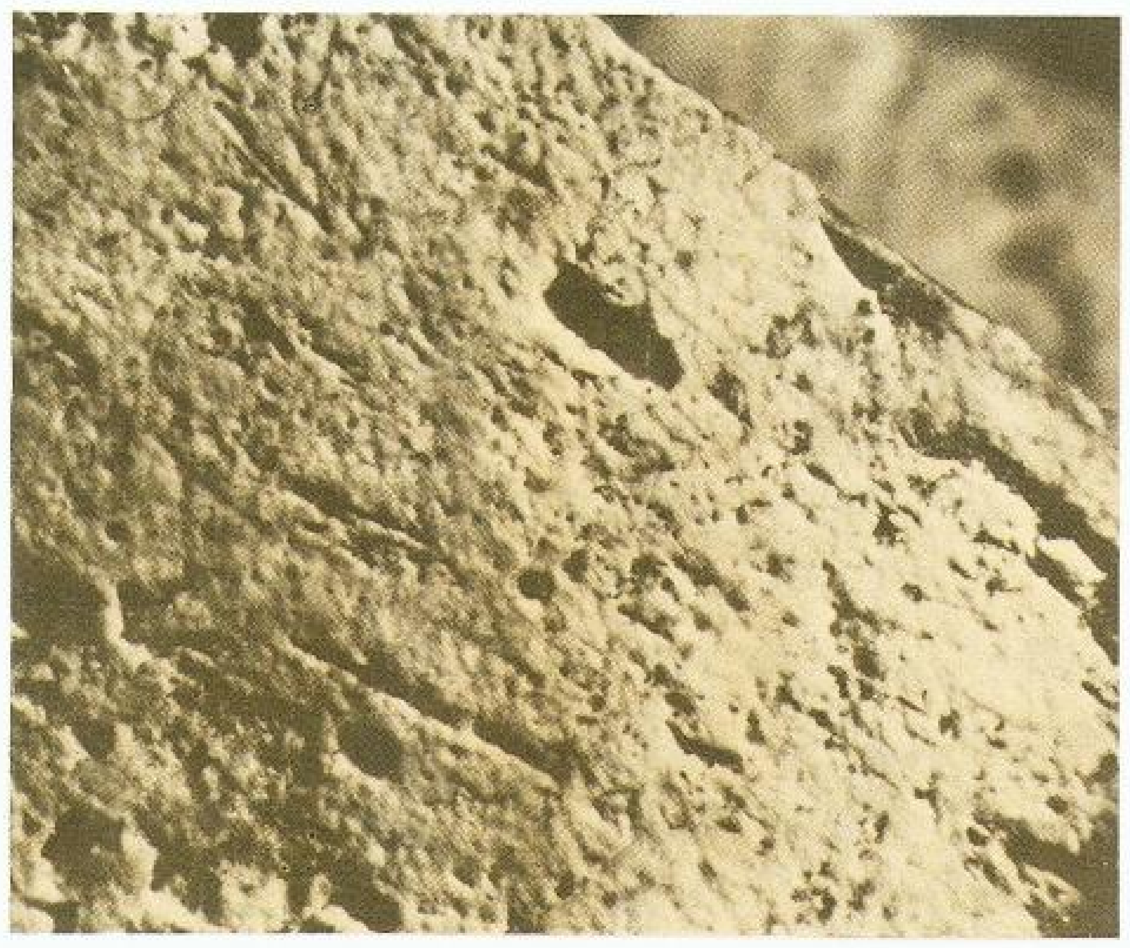


图8-6-3　唐代洛阳宫城抹灰层断面10倍斜射光显微照片

3毫米；结合层厚度约4毫米；面层粉平厚度约2毫米；最外面以红色色浆饰面。

《营造法式》卷十三在泥作制度"用泥"条中载有"用石灰等泥涂之制，先用麤泥搭络不平处，候稍干；次用中泥趁平，又候稍干；次用细泥为衬，上施石灰泥，毕候木脉定，收压五遍，令泥面光泽（干厚一分三厘）"。

汉代礼制建筑其麦秸泥同《营造法式》"用泥"条之掺有"麦䴷"的麤泥和中泥作用十分相似；而谷壳细泥同《营造法式》掺有"麦麸"的细泥作用也十分相似。同样汉代礼制建筑在谷壳细泥面上刷白，与《营造法式》"次用细泥为衬，上施石灰泥"相一致。两相对照，说明我国古代建筑粉饰技术早就创造了相当丰富的施工经验，并在发展中有着明显的继承关系。

我国古代粉刷用的石灰胶泥，为了提高其施工的稳定性和防止龟裂，多有其它纤维物质掺合，最常用的就是"麦䴷"（即破碎的麦杆）、"麦麸"（即破碎的麦壳）、"麻捣"（即麻刀）及纸筋（又称大连）等。"麦䴷"等多用于打底找平的麤泥、中泥之中，做面层的"破灰泥"及"石灰泥"多用较细的"麦麸"及"麻捣"。在《营造法式》卷十三泥作制度中规定：石灰泥"每石灰三十斤，用麻捣二斤"。如按卷二十七料例的规定，每一方丈石灰泥抹面用"石灰六十三斤"，折算需"麻捣"四斤三两；卷二十七料例中又规定"破灰泥"每一方丈用"石灰二十斤，白蔑土一担半（即九十斤，卷十六总功条规定重六十斤为一担，诸物准此），麦麸一十八斤"。

唐代洛阳宫城之墙皮断面可以明显看到掺物的痕迹。北京元代建筑用灰，纤维束更为明显，从其实际尺寸看，也只能是较细的"麦䴷"麻刀之类纤维遗痕。

宋代粉刷用石灰泥的配合比已经达到了相当严密的程度。如调制宫殿用的红色石灰泥规定，每一方丈其配合比为：石灰：赤土：土朱＝30斤：23斤：10斤；黄色石灰泥其配合比为：石灰：黄土＝47斤4两：15斤2两（皆以十六两为一斤）；青色石灰泥其配合比为：石灰：软石炭＝32斤4两：32斤4两。软石炭似北方地区普遍使用的"青灰"。配制青石灰如不用软石炭，则规定"每石灰一十斤用麤墨（似松烟）一斤或墨煤（似炭黑）一十一两，胶七钱"，每一方丈折合用石灰六十四斤八两，用麤墨六斤五两，或墨煤四斤六两，胶二斤十三两。

在《营造法式》中对麻刀的用量也有明确的规定："凡和石灰泥每石灰三十斤用麻捣二斤"，也就是规定"灰"：麻刀＝30：2。这里所说的"灰"，对于某些有颜色的石灰泥来讲，是包括了形成颜色的掺合料重量的，在《营造法式》中规定："其和红黄青灰等，即通计所用土朱、赤土、黄土、石灰等斤数在石灰之内"，但"如青灰内若用墨煤或麤墨者不计数"，也就是用墨煤或麤墨调制的青灰，只以石灰用量来决定麻刀的加入量。

在我国古代建筑实践中，调制粉刷用的石灰胶泥，都是将石灰经过充分熟化。在宋《营造法式》卷十三泥作制度用泥条下规定："若矿石灰，每八斤可以充十斤之用"。这里所说的矿石灰，是指生石灰块而言，从而也说明了前面的配合比其石灰皆指吸收适量水份（熟化）的氢氧化钙。

值得引起重视的是，在我国古代建筑的石灰粉刷工程中对矾类物质的应用。这是我国在胶凝材料发展史中的一个贡献，是在无机胶凝材料中对化学填加剂的创造性的探索。许多古代建筑的白粉墙，多在石灰浆上罩以矾的水溶液，使其保持洁白和稳定。清代寺庙墙垣刷石灰浆后，有的再罩以绿矾[85]。矾的水溶液罩在新鲜的石灰浆粉刷的表面上，完全可以增加其石灰的早期强度，并在日后也不易被雨水冲涮。如使用明矾溶液罩面，甚至可能形成水化硫铝酸钙之类的物质。因此可以说在我国古代就已经在为提高胶凝材料的物理力学性能探索填加剂了。

三　建筑用石灰胶泥

建筑用石灰胶泥，在汉代的硅石墓葬中就已出现。如望都汉墓、王庄汉墓以及营城子古墓等。但汉代砖墓，较多的仍是采用磨砖干摆或用单纯的黄泥浆砌筑。直到唐代甚至高层建筑，如西安小雁塔也仍然使用粘土作为砌筑胶泥。在洛阳发掘的一些宋墓，其砖砌体的胶结材料仍然多用粘土。自宋以后，由于砖结构的古建筑增多，石灰的生产也较为普遍，因此石灰胶泥的使用也逐渐多起来。当时石灰胶泥一般称之为灥灰泥。

灥灰泥即石灰加黄土或黄砂的混合砂浆。北京后桃园的元代建筑所用的砖筑胶泥就是3：1的黄土石灰浆[86]。明清对石灰砂浆的配合比，考虑的问题甚为详尽。在注意到不同产地砂子的粒度与含泥量对灥灰泥配合比的影响，记有：砌一方墙，用菜子黑砂，大灰一百五十斤，菜子黑砂一石，细灰三斗；如用金市砂，则大灰三十斤，金石砂二石一斗[87]。

灥灰泥由于用途不同，骨料也有差别；如砌石用的灥灰泥，为了在灰泥硬结前保证砌筑的石块不会变位，往往掺入小片石，可以称之为"细石灥灰泥"。北京圆明园西洋楼石结构残迹中取得的胶泥标本，从10倍的斜射光显微照片可以看出，在石灰中除掺有直径1毫米左右的砂子外，尚有片石（照片中黑色部位）存在，其厚度在3—4毫米，大的平面有2平方厘米左右。这种"大骨料"石灰胶泥在砌石工程中的应用，显然是总结了实践经验的一个创造。

从《营造法式》看出：砌筑用石灰的料例是以"矿石灰"（即生石灰）来计量的。如卷二十七砖作料例规定"应安砌所需矿灰以方一尺五寸砖用一十三两（每增减一寸各加减三两，其条砖减方砖之半）"。砌筑用胶泥，不论是砌墙，也不论是结瓦，都是以生石灰计量，只是在砌筑前调制胶泥时才对生石灰以水淋之，使石灰块解体成小颗粒。在宋代称之为"浇灰"，到明清称之为"泼灰"。采用"泼灰"调制出来的胶泥，可以看到明显的石灰籽粒，可以容易发挥生石灰的活跃性质。在胶泥产生强度时，生石灰籽粒继续吸收水份，体积膨胀，使整个胶泥孔隙减少，强度提高。这在我国古代建筑胶凝材料技术上是很成功的。

与普通灥灰泥同时发展的，就是掺合有机材料的石灰胶泥。对有机与无机复合胶凝材料的探索，在我国有着悠久的历史。甚至可以说在石灰胶凝材料用于建筑工程之前，用有机油脂拌合粘土的胶泥就已经应用于建筑工程了。现在我们看到的属于早期的砌筑用胶泥是河南新郑战国冶铁遗址。对该遗址砖砌通风井的胶泥标本的化学分析，得其主要成份为：

SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MgO	TiO_2	CaO
79.69	10.74	3.89	0.52	0.57	3.30

尽管这一胶泥标本不是石灰，它基本属于球形硅质粘土。但从标本的分析中发现了甘油脂的存在，可以说明在战国时期没有采用石灰胶泥之前，是采用了某种油料同粘土调合作为砖砌的胶结材料。这对后来石灰同有机油脂混合使用是有传统影响的。当石灰应用于建筑工程之后，这种有机与无机材料复合使用的技术有了更进一步的发展。诸如桐油石灰，糯米汁石灰，血料石灰，以及传说中的白芨石灰，米醋石灰等。特别是桐油石灰、糯米汁石灰，自唐宋以后更是常常用于建筑工程中。

桐油石灰是一种良好的憎水性砌筑用胶泥。见到的实物标本有唐代初年（公元七世纪前后）木船的桐油石灰填缝材料[88]。明代《天工开物》也载有"甃墁则仍用油灰"。"墁"即铺地，"甃"即"聚砖修井也"[89]，说明桐油石灰具有耐水与防水的性能。清代李斗撰《工段营造录》桥梁做法条载有"砌面石，每丈油灰二觔"；石作条载有"石缝构抿，白灰桐油，见方觔重长短有差"。

北京清代圆明园的假山叠石其胶泥就是典型的桐油石灰。化验胶泥标本得知其主要成份为：

SiO_2	Al_2O_3	Te_2O_3	MgO	TiO_2	CaO
11.42	0.82	0.50	0.42	0.07	45.85

上述含量主要是石灰成份，唯独二氧化硅含量为11.42，超过一般石灰中二氧化硅含量的十倍，推测或许掺合有石粉之类的填料。在进一步分析中检出了β－桐油酸的甘油酯及双键的存

在。这说明在无机材料的石灰中掺入了有机材料桐油。这一桐油石灰标本的外观极似岩石，敲击其声清脆，色栗黄，虽肉眼可见有细微纵横裂隙，但强度极高，不易粉碎，虽经历代雨水冲刷及风砂吹袭等大气作用，并无剥蚀及粉化现象，表现了桐油石灰基本特征。

糯米引入建筑材料中最早传说是在秦代修建长城的工程中[90]。有实物标本为依据的比较早的是河南邓县发掘的南北朝时期（420—589年）一座画像砖墓，在其胶结材料中，可以肯定是使用了淀粉类（可能就是糯米浆）的物质。

到五代时，考古发掘证明，南唐（937—975年）二陵封门砌体的胶泥即用糯米石灰[91]在江苏淮安发掘的一号宋墓墓室（宋嘉祐五年、公元1060年）也是用的糯米石灰浇砌[92]。河南登封少林寺墓塔群中的几座宋塔、明塔，对其砌筑用的胶泥标本通过“碘——淀粉”试验，发现在沉淀物中有淀粉存在。

在文献中关于使用糯米石灰也有确切的记载，《宋会要》方域九之八载有：乾道六年（1170年）修和州城“其城壁表里各用砖灰五层包砌，糯粥调灰铺砌城面兼楼橹城门，委皆雄壮，经久坚固”。在实践中可以见到明代南京的城垣是以条石为基，上筑夯土，外砌巨砖，石灰作为胶凝材料，而重要部位就是以石灰加糯米灌浆[93]。明代《天工开物》关于糯米石灰的做法记载甚详。在第十卷燔石条下有“用以襄墓及贮水池，则灰一分，入河砂黄土二分，用糯米粳羊桃藤汁和匀”。清《工段营造录》桥梁做法条下除规定砌面石用桐油石灰外，砌里石则用糯米石灰，记有“里石，每丈灌浆石灰一百斤，江米有差”。并在石作条下规定调制糯米石灰浆的尚须掺入“白矾”，即“灌浆用白灰、白矾、江米”。通过模拟试验，虽然糯米石灰的早期强度不如纯石灰，但在潮湿的条件下，其后期强度的生成，比普通石灰来得快，同时掺入明矾的糯米石灰与不掺明矾的糯米石灰相比，在水中养护45天的强度，前者比后者高2.6倍。这也就是在文献和实践中多将糯米石灰作为潮湿环境下砖石砌体的胶凝材料而且加入明矾的道理所在了。

四 石灰三合土

在我国古代土木工程中，石灰除用于粉饰墙壁和胶凝砌体之外，尚大量用于“土工”，即以“三合土”形式用于地面、屋面、屋基或地面垫层。

三合土最迟在南北朝时（公元五世纪）已有应用。如南京西善桥的南朝大墓中，封门前的地面即由石灰、砂及粘土混合筑成，该墓在回填的夯土中也夹有石灰层[94]。江苏省吴县元代墓，其四周也是以三合土填实[95]。在明定陵的试掘报告中也指出：在每步夯土层的夯面上也发现一层石灰[96]。明墓中也有用石灰、瓷粉、碎石等构成三合土的实例[97]。到清代三合土的应用则极为广泛，实践证明石灰三合土具有坚实、防水的特点。

我国南方地区石灰炉渣三合土使用较为普遍。生石灰在施工前淋水，再同炉渣及水拌合，平铺于施工地段，用木槲拍打出浆为度，过日许几经拍实提浆，结硬前再用卵石淋胆巴汁磨光。用石灰炉渣三合土铺筑地面、便道、场院以及平屋顶等，坚固防水，取材方便，直至现代公路尚多用石灰三合土（骨料中有炉渣及碎石）碾压作为路基。

石灰黄土三合土一般称“灰土”。在我国北方地区使用较为普遍。

清《营造算例》在土作做法中规定：“凡算灰土，一步渣，虚一尺，得实厚五寸”。清《官式石桥做法》土作中说明灰土即石灰与黄土之混合，或谓三合土，并规定灰土“按四六掺合，石灰四成，黄土六成”。在土作技术中灰土的配合比实际是以3:7为多，称“三七灰土”，经取样试验其性能最优。但我国古代劳动人民对灰土的最佳配合比的探索并没有停滞不前，在实践中灰土的配合比出现了向2:8甚至1:9转化的趋向。试验证明在配合比中，1:9灰土试验的技术性能同样良好。夯筑灰土的操作技术，对灰土的含水率是要严格的限制的；拌合好的灰土，要求以“攥紧成团，落地散开”为度。以取得的灰土基础标本来看，都有明显的石灰颗粒存在，说明所用的石灰是生石灰块经泼灰处理后拌合的。

石灰与黄土拌合夯筑基础并非简单的机械地掺合，而是原始材料的物性发生了变化，生成了一种属于水硬性的物质——水化硅酸钙。

湖北省荆门县灰土夯筑的水坝，建于清代同治年间（估计在1865年左右）。对其灰土作差热分析，得到的温度曲线（图8-6-4），证明这是水化硅酸钙。对北京北海小西天建筑遗址灰土基础标本作差热分析，其温度曲线同湖北省荆门县滚水坝灰土标本的温度曲线几乎一致，说明其中也存在水化硅酸钙这样的水硬性物质。

夯筑灰土，不论作滚水坝置于水中，或作基础置于土中，石灰的碳化过程是比较困难的，可以说只有少量氧化钙吸收水分变成氢氧化钙以后，同灰土中残存的有限的二氧化碳作用生成碳酸钙结晶。主要应该是附于粒土表面的石灰，同粘土中活性二氧化硅等在潮湿的条件下，缓慢发生反应，生成硅酸钙等水化物。这就指示了我国古代劳动人民创造的夯筑灰土技术其强度生成的科学原理。

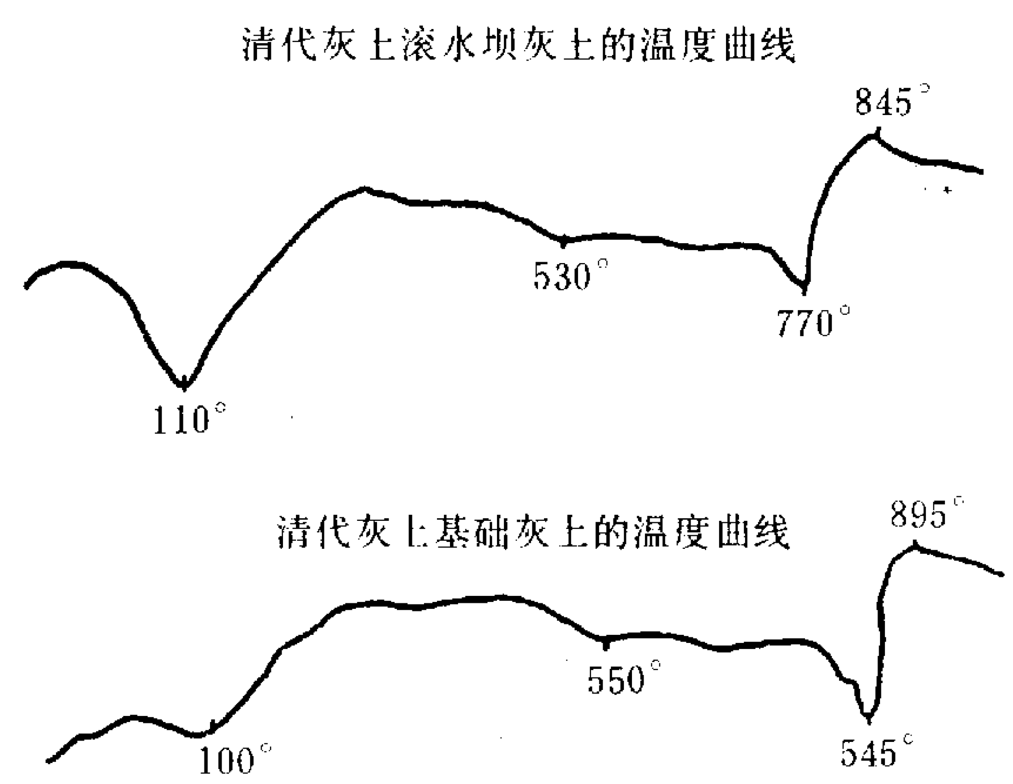


图8-6-4 灰土差热分析温度曲线图
起始温度0℃，升温速度12℃/分钟，表现出水化硅酸钙的存在

夯筑灰土，是我国古代处理大孔性土地基的十分成功的技术，广泛应用于台基、墙基、地平垫层以及水利工程，在今日的建筑活动中，仍然被广泛地应用。

参 考 文 献

[1]《明会典》卷一百九十。
[2]《雍正朱批谕旨》第十七册，第37页。
[3]《四川通志》卷三十四《木政》。
[4]见胡天游《石笥山房文集》卷五·杂著。
[5]王晫辑《檀几丛书》二集卷四十二。
[6]《檀几丛书》二集卷四十五。
[7]中国历史博物馆考古组：《燕下都城址调查报告》，《考古》1962年第1期第10页。
[8]秦都咸阳考古工作站：《秦都咸阳第一号宫殿建筑遗址简报，《文物》1976年第11期第12页。
[9]陕西省文物管理委员会：《秦始皇陵调查简报》，《考古》1962年第8期第407页。
[10]始皇陵秦俑坑考古发掘队：《临潼县秦俑坑试掘第一号简报》，《文物》1975年第11期第1页。
[11]河南省文化局文物工作队：《郑州二里岗》，科学出版社1959年版。
[12]陈直：《陕西兴平县茂陵镇霍去病墓新出土左司空石刻题字考释》，《文物参考资料》1958年第11期第63页。
[13]陈直：《望都汉墓壁画题字通释》，《考古》1962年第3期第161页。
[14]河南省文化局文物工作队：《河南巩县铁生沟汉代冶铁遗址的发掘》，《考古》1960年第5期第13页。
[15]王振铎：《汉代圹砖集录》附说。
[16]王仲殊：《空心砖汉墓》，《文物参考资料》1953年第1期。
[17]洛阳区考古发掘队：《洛阳烧沟汉墓》，科学出版社。
[18]洛阳区考古发掘队：《洛阳烧沟汉墓》，科学出版社。
[19]中国科学院考古研究所：《洛阳中州路（西2段）》，科学出版社。
[20]广州市文物管理处等：《广州秦汉造船工场遗址试掘》，《文物》1977年第4期第1页。
[21]冯汉骥：《四川的画像砖墓及画象砖》，《文物》1961年第11期第35页。
[22]中国历史博物馆保管部资料组：《介绍几件晋代的行草书砖刻》，《文物》1965年第12期第27页。
[23]山西省大同市博物馆：《山西大同石家寨北魏司马金龙墓》，《文物》1972年第3期第20页。
[24]林树中：《江苏丹阳南齐墓砖印壁画探讨》，《文物》1977年第1期第64页。
[25]郭义孚：《含元殿外观复原》，《考古》1963年第10期第567页。
[26]黄文宽：《文献通考校误》，《文物参考资料》，1957年第5期第60页。
[27]宋应星：《天工开物》。
[28]周仁等：《我国黄河流域新石器时代和殷周时代制陶工艺的科学总结》，《考古学报》1964年第1期。
[29]周仁等：《我国黄河流域新石器时代和殷周时代制陶工艺的科学总结》，《考古学报》1964年第1期。
[30]中国科学院考古研究所丰镐考古队：《1961—1962年陕西长安沣东试掘简报》，《考古》1963年第8期第403页。
[31]陕西省社会科学院考古研究所渭水队：《秦都咸阳故城遗址的调查和试掘》，《考古》1962年第6期第281页。
[32]东北博物馆：《辽阳三道壕西汉村落遗址》，《考古学报》1957年第1期。
[33]山西大同市博物馆：《山西大同石家寨北魏司马金龙墓》，《文物》1972年第3期第20页。
[34]黄展岳：《一九五五年春洛阳汉河南县城东区发掘报告》，《考古学报》1956年第4期。
[35]徐恒彬：《广东英德浛洸镇南朝隋唐墓发掘》，《考

古》1963年第9期第486页。
[36]四川省博物馆：《四川西昌高枧唐代瓦窑发掘简报》，《文物》1977年第6期第57页；洛阳博物馆：《洛阳隋唐宫城内的烧瓦窑》，《考古》1974年第4期第257页。
[37]曾广亿：《广东潮安北郊唐代窑址》，《考古》1964年第4期第194页。
[38]《东北文物工作队一九五四年工作简报》，《文物参考资料》1955年第3期第3页。
[39]徐耀章：《〈故宫琐闻〉读后》，《文物参考资料》1958年第2期第83页；叶定侯：《故宫琐闻》，《文物参考资料》1957年第10期第62页。
[40]中国科学院考古研究所：《沣西发掘报告》第27页。
[41]《在岐山、扶风发掘西周大型建筑遗迹》，《文物》特刊第17期（1976年7月）。
[42]中国历史博物馆考古组：《燕下都城址调查报告》，《考古》1962年第1期第10页。
[43]傅振伦：《燕下都发掘品的初步整理与研究》，《考古通讯》1955年第4期第18页。
[44]中国科学院考古研究所：《洛阳中州路》第32—33页
[45]中国历史博物馆考古组：《燕下都城址调查报告》，《考古》1962年第1期第10页。
[46]中国科学院考古研究所：《洛阳中州路》第32—33页
[47]中国历史博物馆考古组：《燕下都城址调查报告》，《考古》1962年第1期第10页。
[48]河南省文化局文物工作队：《郑州南关159号汉墓的发掘》，《文物》1960年第8、9期第19页；洛阳博物馆：《洛阳涧西七里河东汉墓发掘简报》，《考古》1975年第2期第116页。
[49]东北博物馆：《辽阳三道壕西汉村落遗址》，《考古学报》1957年，第1期。
[50]黄展岳：《一九五五年春洛阳汉河南县城东区发掘报告》，《考古学报》1956年第4期。
[51]陈直：《两汉经济史料论丛》第178页
[52]俞伟超：《邺城调查记》，《考古》1963年第1期第15页。
[53]中国科学院考古研究所洛阳工作队：《汉魏洛阳城一号房址和出土的瓦纹》，《考古》1973年第4期第209页。
[54]《唐长安大明宫》第38页。
[55]中国科学院考古研究所西安工作队：《唐青龙寺遗址发掘简报》，《考古》1974年第5期第322页。
[56]俞伟超：《邺城调查记》，《考古》1963年第1期第15页。
[57]中国科学院考古研究所洛阳工作队：《汉魏洛阳城一号房址和出土的瓦文》，《考古》1973年第4期第209页
[58][59]俞伟超：《邺城调查记》，《考古》1963年第1期第15页。
[60]河南省文化局文物工作队：《在嵩岳寺旧址发现的瓦件》，《文物》1965年第7期第44页。
[61]陕西省文物管理委员会：《唐长安城地基初步探测》，《考古学报》1958年第三期。
[62]河南省文化局文物工作队：《在嵩岳寺旧址发现的瓦件》，《文物》1965年第7期第44页。
[63]辜其一：《四川唐代摩崖中反映的建筑形式》，《文物》1961年第11期第61页。
[64]云南省文物工作队：《云南省昭通后海子东晋壁画墓清理简报》，《文物》1963年第12期第1页。
[65]中国科学院考古研究所丰镐考古队：《1961—62年陕西长安沣东试掘简报》，《考古》1963年第8期第403页。
[66]周仁、张福康、郑永圃：《我国黄河流域新石器时代和殷周时代制陶工艺的科学总结》，《考古学报》1964年第1期。
[67]河北省文化局文物工作队：《燕下都第22号遗址发掘报告》，《考古》1965年第11期第562页。广东省文管会：《广东增城、始兴的战国遗址》，《考古》1964年第3期第143页。湖北省文管会：《湖北宜城"楚皇城"遗址调查》，《考古》1965年第8期第377页；福建省文管会：《福建崇安城村汉城遗址试掘》，《考古》1960年第10期第1页。
[68]《洛阳中州路》第31页；叶学明：《侯马牛村古城南东周遗址出土陶器的分期》，《文物》1962年第4、5期第43页。
[69]《沣西发掘报告》第26页。
[70]叶学明：《侯马牛村古城南东周遗址出土陶器的分期》，《文物》1962年第4、5期第43页。
[71][72]陶正刚、叶学明：《古魏城和禹王古城调查简报》，《文物》1962年第4、5期第59页。
[73]陶正刚：《山西闻喜的"大马古城"》，《考古》1963年第5期第246页。
[74][75]《沣西发掘报告》，第26页。
[76]《洛阳中州路》第31页。
[77]陕西省临潼县文化馆：《秦始皇陵新出土的瓦当》，《文物》1974年第12期第87页。
[78]陈直：《秦汉瓦当概述》，《文物》1963年第11期第19页。
[79]中国科学院考古研究所洛阳工作队：《汉魏洛阳城一号房址和出土的瓦文》，《考古》1973年第4期第209页。
[80]考古研究所洛阳发掘队：《隋唐东都城址的勘查和发掘》，《考古》，1961年第3期第127页。
[81]考古研究所汉城发掘队：《汉长安城南郊礼制建筑遗址群发掘简报》，《考古》，1960年第7期第36页。
[82]《望都一二号汉墓》，文物出版社，1959年。
[83]许明纲：《旅大市营城子古墓清理》，《考古》1959年第6期第278页。
[84]考古研究所汉城发掘队：《汉长安城南郊礼制建筑遗址群发掘简报》，《考古》1960年第7期第36页。
[85]姚承祖《营造法原》第60页。
[86]元大都考古队：《北京西绦胡同和后桃园的元代居住遗址》，《考古》1973年第5期第279页。
[87]姚承祖：《营造法原》第81—82页。
[88]见《南京博物馆文博简讯》。
[89]见《太平御览》卷一八九引《风俗通义》。
[90]见建筑材料研究院：《我国古代胶凝材料发展史稿》，1976年。
[91]《南唐二陵发掘报告》。
[92]江苏省文管会：《江苏淮安宋代壁画墓》，《文物参考资料》1960年第8、9期第43页。
[93]建筑科学研究院：《中国建筑简史》第一册第180页，中国工业出版社，1962年版。
[94]罗宗真：《南京西善桥油坊村南朝大墓的发掘》，《考古》1963年第6期第291页。
[95]江苏省文管会：《江苏吴县元墓清理简报》，《文物参考资料》1959年第11期第19页。
[96]《明定陵试掘报告》。
[97]四川省文管会：《四川新都县发现明代软体尸墓》，《考古通讯》1957年第2期第19页。

第九章　建筑装饰技术

概　说

我国古代建筑装饰以彩画和雕刻为主，两者都具有悠久的历史和民族的特色。彩画起着保护木料和美化建筑的双重作用，雕刻则赋予建筑造型以生动的形象。

早在奴隶社会时期已产生了玉石雕刻技术；硃砂、石青、石绿等彩画矿物染料，已经开始应用。从殷墟出土的抱膝人形石础及盘龙城出土的木板浮雕上彩色印痕看来，当时的彩画与雕饰已初具规模。

春秋战国时期出现了铁工具，对建筑雕饰技术的提高，起着重大的作用。

汉代的建筑装饰技术，从现存遗物上看，以雕刻最为突出。这时用于陵墓建筑中的，主要以画像砖、画像石及墓前圆雕为代表，雕刻技艺已达到较高的水平。宫室建筑则使用了木雕、玉雕及铸铜鎏金装饰。比较而言，彩画技术似尚未臻完美。

汉代创造了大型的铸铜鎏金技术。如建章宫“设壁门之凤阙，上觚棱而栖金爵（雀）”[1]。金雀即铜凤凰。据说此雀“高五尺，饰黄金，栖屋上，下有转枢，向风若翔”[2]。至于“金铺”与“金釭”之类的小型鎏金装饰构件则应用更广了。

南北朝时期佛教兴盛，佛教建筑遍及各地。这时，外来的佛教装饰技法对传统艺术产生了较大的影响。

这时期的彩画与雕刻技术获得了空前的发展，彩画颜料及用色技法愈益精密，并出现了“晕染”及“叠晕”。石窟寺的大规模开凿，创造了数以千计的雕像和无可计数的浮雕。各族工匠发展了秦汉以来的雕饰与彩绘技术，融合了外来经验，创造出新的成就。在敦煌、云岗、龙门等石窟中，洋洋大观的彩绘与雕刻表现了精湛的造诣。

隋唐的建筑装饰达到了辉煌壮丽的阶段。隋时期建筑彩画的部位大体为：内檐用于藻井、承尘、梁柱、斗栱等处；外檐用于立柱和木栏杆的栏板等处。外檐的斗栱、额枋上皆以刷色为主。

唐代石雕技术表现在陵墓圆雕，浮雕则表现在碑石的减地线刻，均已达到成熟阶段。

宋代手工业颇为发达，小型木雕技术兴起，开始出现了砖雕，它们都走上了专业化道路。

宋代建筑造型从大体轮廓到局部构件采取“卷杀”等技法，更多地将构件雕饰、彩画构图同建筑整体形式相配合，达到柔和、优美的效果。

以木构架为主的古代建筑，具有暴露结构不加掩蔽的特点。在穿插、露头、承托、支撑和节点加固等部位，借其本身的条件，进行恰当的、有重点的雕饰加工，往往能取得画龙点睛的建筑艺术效果。

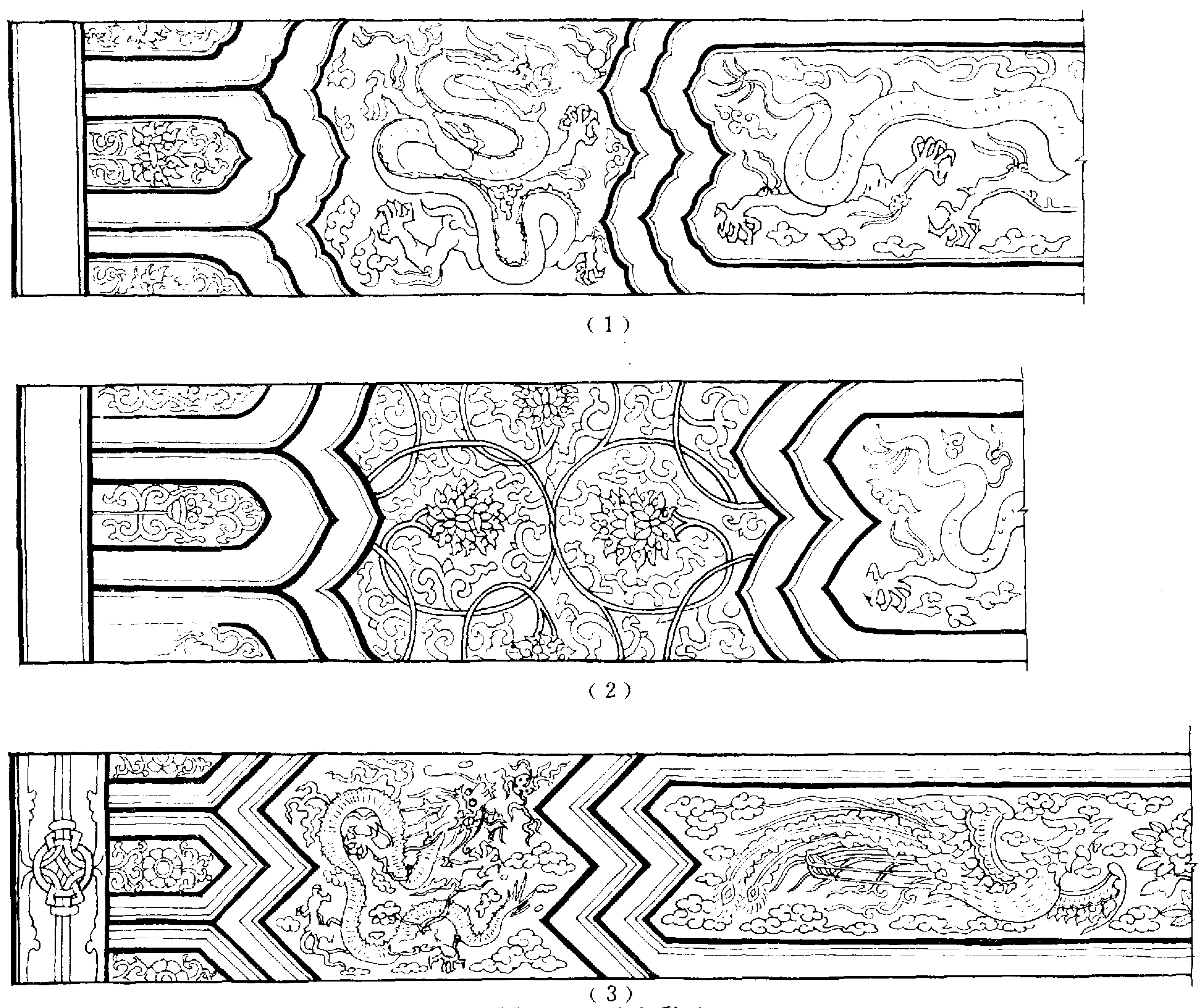
利用雕塑因素增加建筑外观的表现力，在宋代有较突出的发展。台基或须弥座上下的角兽、螭头、壶门、角神以及边饰浮雕；石和木栏杆的望柱头圆雕、栏板浮雕及透雕；格子门腰华板上的贴络浮雕；檐下木构间的霸王拳、耍头、绰幕枋等部分以及正脊两端的琉璃鸱吻、垂脊端的戗兽、翼角上的仙人、走兽等等，它们之间都是互相呼应，互相联系的。例如：栏杆望柱头与檐柱相对位，螭头与檐柱相对位，戗兽与角柱相对位等。对位意味着上述雕饰构件大体上置于同一垂直线上，以期取得均齐有序的印象。

辽代建筑装饰基本上是继承唐代的风格，金代继承辽、宋遗规，稍有创造。元代则在继承宋、金的传统基础上，又吸收了中亚建筑的手法。

明、清统治阶级愈加强调封建礼制，新建的宫廷、坛庙、住宅、祠堂以及表扬“忠臣”的牌坊等都是按照礼制规定进行装饰的。北方官式彩画的构图、题材、色调皆有明显的等级概念，开始有了固定标准（图 9－0－1）。

这时期喇嘛教建筑兴起。从明代前期的智化寺、法海寺、隆福寺、五塔寺开始，喇嘛教装饰应用日多。在蒙古、青海、热河、北京等地区，建造了许多大规模的召庙，其中的彩画、雕饰等装饰都充满着喇嘛教的特征。

南北各地的民间建筑及少数民族建筑装饰技艺都是异常丰富多彩的。就地取材、因地制宜的建筑装饰技术有许多新创造。如新疆维吾尔族的木雕、彩画、石膏花饰、陶瓷面饰等都新颖可喜。云南傣族等地的建筑装饰则充分表现了民族传统和地方特色等等。



（1）　（2）　（3）

图9－0－1　和玺彩画

1.清工部《工程做法》上的和玺彩画（雍正时期）做法称之为“金琢墨金龙枋心沥粉青绿地仗彩画”；2.西番莲和玺彩画（清乾隆时期）；3.清中叶后的龙凤和玺彩画，曲线莲瓣改为三角形直线圭光线

江南园林建筑中新出现了漏窗、花墙等透空体装饰和精致的木装修、木花格技术。明清交通比较前代发达，南方各地出产的楠、樟、花梨、紫檀等优质木料不断内运，成为小木作装饰技术发展的有利条件。

这时期的地方性装饰技术获得了巨大的发展。随着手工业分工的精细化，砖雕、木雕取得前所未有的成就。北京、安徽、苏州等地的砖雕；浙东、皖南、晋中、潮州等地的木雕；广东等地的陶雕等具有特色的装饰技术，都达到高超的造诣。砖雕的门楼、影壁、墀头、门景、挑檐、边饰等都具有精雕细琢的特点。砖雕的发展是以砖质量的提高和砖砌墙体的广泛应用为条件的。而砖饰工具的大量创造，则为砖雕技术的提高起着促进作用。这时期的木雕转向内檐，着重应用在内部装修上。出现各种落地罩、飞罩、两面观看的通雕与透雕技术，木雕技术已有新的创造。石雕以广东、福建等处建筑为最有名。

元代琉璃进一步发展，琉璃色彩趋向多样化。在各种琉璃装饰技术提高的条件下，明代产生了如南京报恩寺塔、山西洪洞广胜寺飞虹塔等琉璃装饰的巨大建筑物，产生了九龙壁之类的大面积琉璃壁，以及琉璃彩画、琉璃嵌花墙等新颖的装饰技术。清代的琉璃装饰技术以晋中、晋东南地区最为突出。

这里，对建筑装饰技术中的几项重要问题略加介绍：

(一)材料是建筑装饰发展的物质基础

材料往往是建筑装饰发展的前驱，有了新材料，才有一系列的技术创造。如果没有发现和利用矿物颜料，中国古代建筑彩画的成长是不可能的。敦煌石窟中后魏、隋唐彩画的色调是十分优美的，这同当时颜料生产的发展是分不开的。而敦煌宋代和西夏彩画质量的减退，则因该地区属于封建割据和西夏统辖，与矿物颜料产地隔绝所致。

又如明清砖雕技术的兴起同砖质量的提高和普遍用砖砌墙是紧密联系着的。明代以前多用土墙，砖雕只能用于须弥座等砖砌体中而不能施之外墙面。砖质量的提高，才应需而产生砖刨、砖凿、砖锯等各式雕砖工具，使砖雕技术日愈发展。工具的改善和新工具的制造也是十分重要的。熟练的使用工具，施工操作技术得心应手，则是装饰质量的保证。装饰技术包括着多方面的技巧，善于利用工艺美术的成就，也是装饰技术发展中的重要一环。

(二)建筑装饰与气候的关系

南北的寒暖干湿度变化颇大，对建筑装饰技术的影响十分显著。南方地区炎热多雨，导致屋面坡度与挑檐加大，屋面装饰受到重视。

青藏等高寒少雨地区，建筑多用石砌高墙和平顶，强调墙面装饰处理。墙檐上段常用染成暗红色的麻束嵌入墙面为彩色饰带，兼有防寒保温作用。窗小而且少，多用装饰突出之，入口部分常做重点装饰。

江浙一带夏秋闷热，暑长寒短，通风问题突出。成列的大窗导致花格装饰的发展。当地多用敞口厅，厅前廊为出入要道，木雕多集中于廊上木构部分，雕饰技艺十分精巧。

南方炎热而房屋密集、防止火灾的蔓延很重要，故多建造封火山墙作为预防措施。封火山墙的轮廓变化成为建筑外观的突出装饰。

南方建筑色调和彩画大都用冷色，少用强烈朱红色。南方有青山绿水，花木茂盛，户外生活多，农村建筑多用白粉、淡红等色粉刷，在自然环境的衬托中，十分悦目怡情。

南方的雨水大而地面湿，柱础一般较北方为高，以防止柱脚腐烂，湖广四川等地多用鼓状磉墩，北方则用低矮的古镜柱础。

(三)建筑装饰的等级制

奴隶社会开始出现了建筑装饰的等级制，用来为奴隶主阶级的森严等级制度服务，凡是不按照礼制办事的称为“僭越”。

建筑装饰的等级制是封建礼制的重要组成部分，历代典籍对色彩、雕饰都有严格规定，长期束缚建筑装饰的正常发展。诸如唐代“庶人所造房舍，不得过三间四架，不得辄施装饰”，宋代“非宫室寺观，毋得彩画栋宇及朱黔漆梁柱窗牖，雕镂柱础”[3]及明代“庶民所居房舍不过三间五架，不许用斗栱及采色装饰”[4]。

(四)历代建筑装饰的题材内容

建筑彩画、壁画、雕饰上的图案题材是十分丰富的（图9－0－2），装饰纹样层出不穷（图9－0－3），民族特色显著。

早期纹样都以神灵、鬼怪、奇禽、异兽为最多，这表现当时人们对自然的无知和恐惧，而统治阶级利用它来作为吓唬人民的手段。另外还有图写忠臣孝子、烈士贞女的事迹以及国君的贤愚，政事的成败等内容，达到“恶以诫世，善以示后”

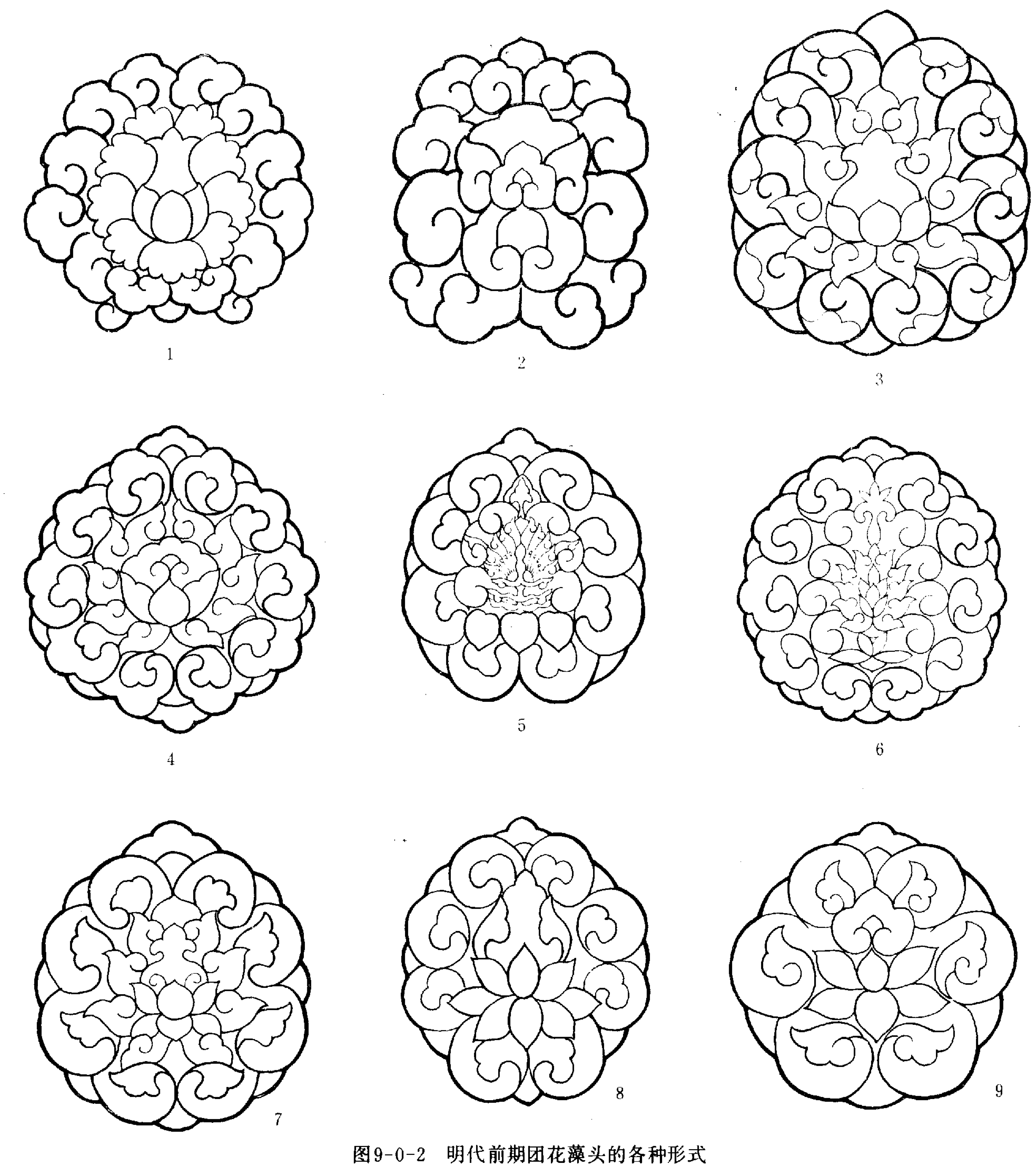


图9-0-2　明代前期团花藻头的各种形式

1.辽 大同薄伽教藏殿；2.元 山西永乐宫三清殿；3.明 北京法海寺；4.北京故宫；5.明 北京智化寺；6.明 北京白塔寺；7.北京白塔寺；8.北京文天祥祠堂；9.明 北京故宫南薰殿

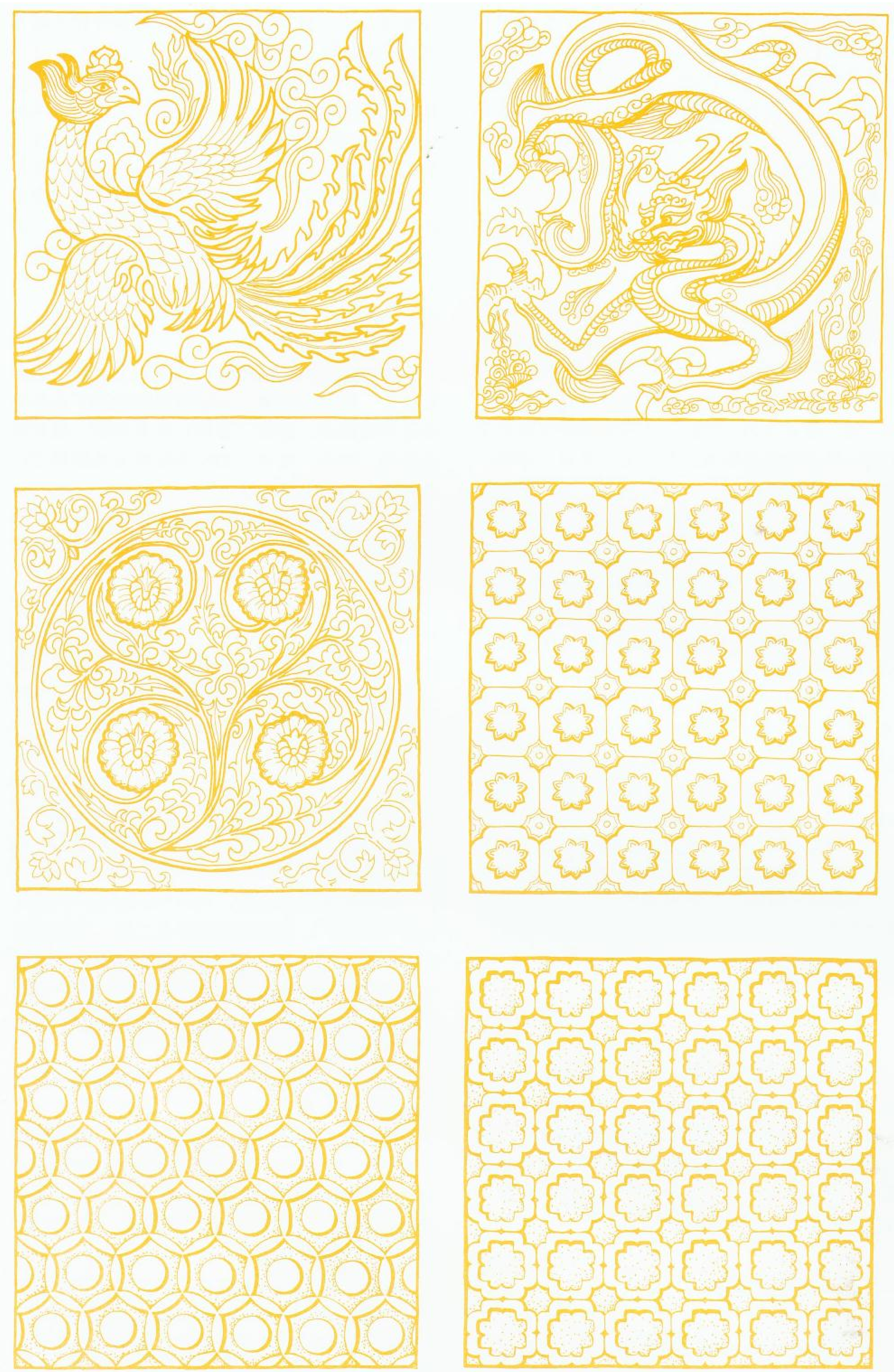


图9-0-3 河北定县开元寺塔二层过道平綦砖雕图案

的政治目的；还有粉饰太平的祥瑞题材，如黄龙、白凤、芝草、铜雀等等；有车骑、宴乐、行猎等宣扬统治阶级豪华生活的图案和反映生产、生活的题材等。这些题材大都应用于壁画、画像砖、画像石、彩画以及金玉雕饰之中。

南北朝佛教装饰题材流行，其中以莲花和飞天为最多，忍冬草等植物也开始兴起。莲花古称菡萏，这时期的彩画或雕刻的承尘、藻井中央多用莲花为饰，柱中及柱的上下端也常用束莲为饰。古人誉莲花一尘不染，故受到佛教的推崇。

飞天是佛教护法的夜叉之变相，传来的飞天形象是半裸体的，中国化了之后变成衣带飘荡的凌空美女，应用颇广。

忍冬是一种植物纹饰，汉代装饰中已有之。据佛经说是生长在佛国雪山之中，经冬而不凋。唐代佛教建筑的彩绘雕饰中常用忍冬卷草，呼应连贯，茁壮而秀逸。

唐宋之际，牡丹图案广泛流行。盛开的牡丹，花轮丰硕，色彩鲜艳，统治阶级则用以代表荣华富贵，是当时应用最多的装饰题材。同时还流行海石榴花，传自西域。

植物纹样在明清时期出现松竹梅的“岁寒三友”图案。当时封建统治阶级标榜风雅，清代宫苑中的乐寿堂、排云殿和乾隆花园等处的内部装修中多用之。这时期吉祥纹样愈来愈多，常用蝙蝠、梅花鹿、寿桃代表福禄寿，还有“寿山福海”、“五福庆寿”、“榴开得子”等题材。

明清之际，寺庙出现金刚宝杵、佛坛、梵宇以及轮、螺、伞、盖、花、罐、鱼等所谓“八宝”的装饰题材。这些主要是由喇嘛教带来的装饰内容，使固有的彩画增加了新的风彩。

龙凤是封建统治阶级的重要装饰题材。早在周代已用龙代表君位。以后又把这种想象中的爬行动物神格化，“龙，鳞虫之长”[5]“角似鹿，头如蛇，眼似鬼，鳞似鱼，爪似鹰，掌似虎”[6]。佛教把龙作为护法之物，唐宋之际又引为祥瑞之征，明清王朝则以龙象征帝王。北京故宫太和殿装饰遍用龙纹，和玺彩画中有团龙、座龙、跑龙、升降龙图案，望柱头、华表头、御路、螭头、吻兽、藻井雕饰竟无一非龙。

龙与凤并称，同封建政治紧密配合。凤原是鸷鹰同孔雀的混合形象，象征祥瑞之意。以后也加以神格化：“凤，神鸟也，羽虫三百六十而凤为之长”[7]，“凤，瑞应鸟，鸡头、燕颔、蛇颈、鸿身、鱼尾，骈翼五色”[8]。唐宋时贵族妇女常用凤翘、凤钗为头饰。明清时期，用为后妃之象征，后妃居处多用凤为饰。明末清初北京故宫午门大殿内廊梁架、雨花阁及保和殿梁架彩画出现吉祥草宝珠图案，这是一种新风格（图9-0-4）。

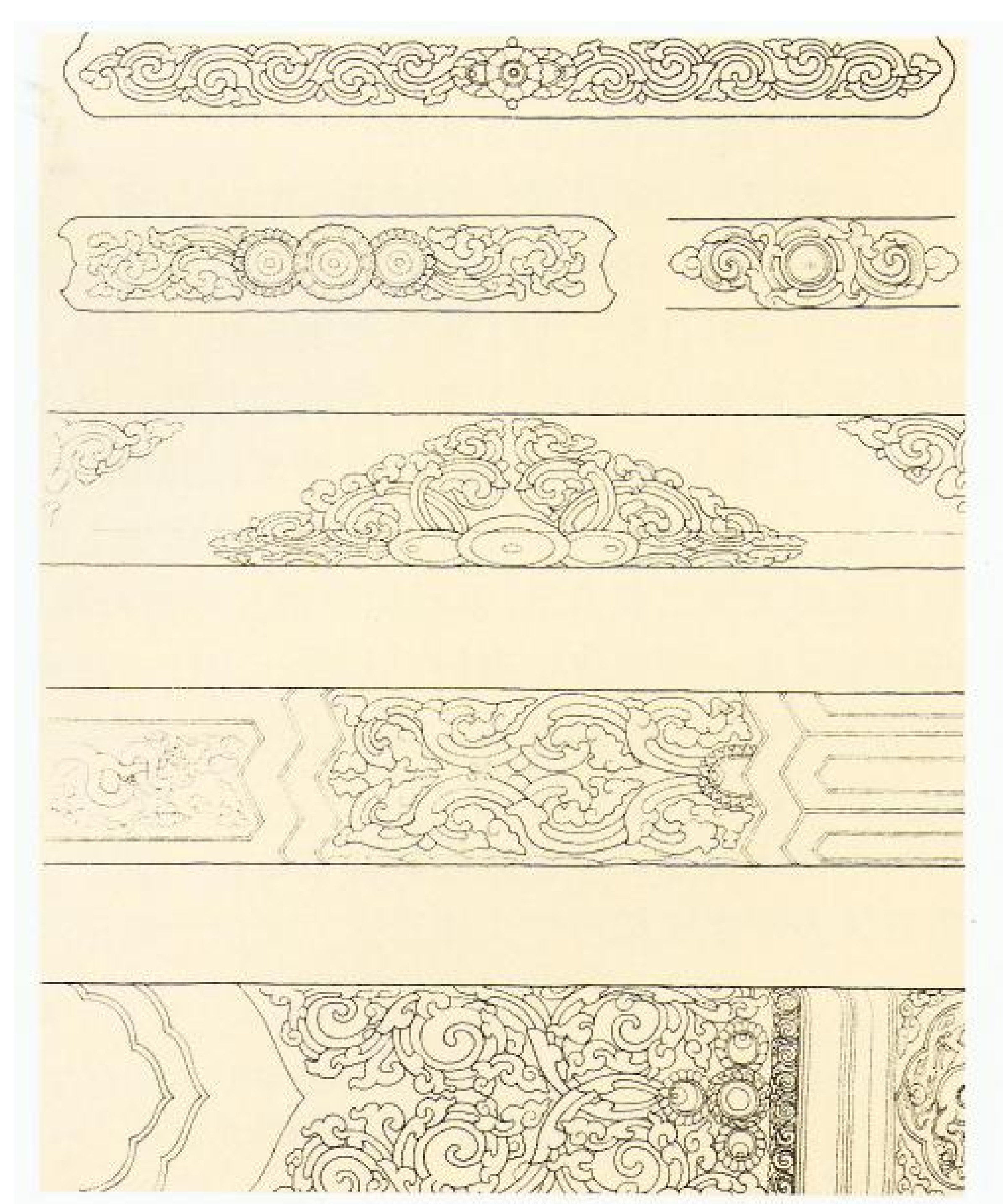


图9-0-4 北京故宫吉祥草宝珠图案彩画

(五)建筑装饰中的“厌胜”思想

古代方士有一种迷信之说，称为“厌胜”，说它可以压制自然灾害。以木构为主的建筑常会发生火灾，汉代已彩绘莲花、水藻等水中植物和水的形象来厌压火灾。汉魏之后，屋顶正脊两端又出现了鸱尾，传说“汉以宫殿多灾，术者言天上有鱼尾星，宜为其象，冠于室以禳之”[9]。又有说鸱为蚩的变音，“蚩者海兽也，蚩尾水之精，能辟火灾”[10]。明清改鸱尾为吻兽，象征龙能制水之意。故宫文渊阁是清代建造以藏四库全书的，建筑色调以青绿冷色为主，屋脊、栏板的雕饰题材多用水兽及浪中游龙，以表示厌压水灾之义。

各个不同历史时期的装饰作法及其艺术风格也都有不同的特色。常见的明清装饰不完全能反映以前历史时期的成就。例如敦煌石窟的南北朝和隋唐彩画就较清末彩画为悦目宜人。所以应对历代建筑装饰有一个比较全面的认识。这一点是非常重要的。

第一节　历代建筑色彩和彩画

建筑色彩与彩画起源于材料防护和建筑审美的双重因素。土和木是我国古代建筑的主要材料，它们的表面都需要保护，其中以木材尤甚更需保护。因此彩画同木结构有着紧密的联系。

为了防护木材表面免受燥湿、冷热、风雨和阳光中紫外线的侵蚀，为了掩盖木表的节疤、斑痕以及纹理、色泽的不匀等自然缺陷，施以适当的颜料涂饰是十分必要的。

不溶水的矿物颜料，其细微颗粒有很强的复盖力和隔绝性，干后能够形成薄的防护层，对于防止各种侵蚀，具有显著的功效，敦煌莫高窟宋初窟檐外门窗边框上，在彩画已脱落的木表，隐起如浅雕一般的卷草纹。说明原来被矿物色覆盖的卷草部分，有抗御阳光紫外线的能力。明十三陵棱恩殿外檐额枋上，修理时也发现有类似的情况。外檐彩画在设色完成后，再罩上一道清桐油，更能经受雨淋日晒，经久不变。

矿物颜料中的石青、石绿是铜的化合物，铜是有毒的元素。汉代及南北朝的药石书中已明确提到这些颜料有毒。为了防止木表虫蛀，当时工匠可能已有意识地加以应用。明清的仓库、书库内有采用“雄黄玉”彩画者，因为雄黄有剧毒，可以防蛀，如北海的阅古楼原系书库，内部梁上的旋子彩画用桔红色为地，系用铅丹调合雄黄而成，两者皆有毒，可以防止虫蛀。此外，土红、白垩等无机颜料也富于覆盖力，对防止湿气和日晒侵蚀，有一定的保护作用。

中国古代建筑往往依靠色彩来美化。色彩与彩画能表现建筑构造的大体形式，又便于突出局部与细部；它能表现人们喜爱的图案和反映时代的艺术成就；它能适应各地自然条件，同环境相配合；它能利用色彩的对比来突出群体中的重点建筑物等等。历代封建统治者则利用色彩装饰来为他们服务，宣扬王权和神权，维护其反动统治。因此，在建筑色彩及彩画中，体现了强烈的阶级性及封建统治阶级的审美观念。

一　建筑色彩与彩画技术的产生

西周奴隶主阶级利用色彩作为“隆礼”的手段，“明贵贱，辨等级”，为维护其层层统治服务。他们提出“正色”和“非正色”的主张。规定青、赤、黄、白、黑五色为“正色”，红（淡赤）、紫、缥、绀、硫黄等为“间色”。认为间色的等级低于正色。天子的建筑装饰以及衣冠、旌旗、车辆、武器上都必须涂正色，不得用间色。为了要求色调纯正、强烈、鲜明、不变，把硃砂、石青等矿物色直接涂上去，而不用染色或油漆。用硃砂为装饰的贵重作法，一直受到封建统治者的重视。从战国楚宫的“朱尘”、“红壁沙版”1)，到元代宫殿的“朱砂涂壁”[11]说明以“正色为尊”的礼制影响是很深远的。

汉初营建未央宫前殿，主持营建的萧何提出“天子以四海为家，非壮丽无以重威”[12]，意思是雄伟的建筑形式应与华丽的装饰相结合。未央宫前殿高踞在龙首原台地上，呈巍峨峻峙之观。突出朱红色调，配合金玉、珠翠装饰，“树中天之华阙，丰冠山之朱堂，雕玉瑱以居楹，裁金壁以饰珰”[13]，概括地描写出它的壮丽形象。

外露的木构部分，一律采取刷朱红同白粉墙相配合的方式，是自汉到唐建筑的外观色彩特征。朱白的互相衬托，能产生简单明快、鲜丽悦目的色彩美。

彩画主要分布在藻井、斗栱、门楣和柱壁之上，以及外檐木构上配色以朱红对比石绿为主，大都采用深地浅花或浅地深花的明暗衬托方法。设色多用平涂。彩画图案大致可分为四类：即龙蛇异兽、云气仙灵、锦绣绮纹与河蕖水藻，“文以朱绿，饰以碧丹，点以银黄，烁以琅玕，光明熠烩，文彩璘斑。”[14]概括地说明了这一时期宫庭装饰的特点。

二　建筑彩画的颜料

(一)颜料与技法发展的因素

从西晋开始，经过南北朝到隋唐的统一，出现了民族的融合和文化技术的交流。佛教的传播使佛教建筑广泛兴起，外来的佛教装饰技术也随之传入中国。从而大大地丰富、充实和提高了秦汉以来的建筑装饰传统。

这时期的矿物颜料得到了发展。在《神农本草经》及陶弘景的《名医别录》中，都有金石部。石部中有丹砂、银朱、雄黄、雌黄、代赭、空青、曾青、绿青（即石绿）、扁青等，金部中有铅丹（黄丹或漳丹）、铅粉等记述，因而对其性能有较多的认识，擅于选择精粗，并对品种和产地有比较详细的调查研究。

这时期的绘画技术也有很大的发展，在设色和线描等方面都超出前代，并吸收了不少外来技法。南宋时的《六法论》2)和唐人的论画文献中，涉及许多颜料和技法问题，绘画与彩画之间有着互相促进的关系。总之，构成这时期彩画大发展的因素是多方面的，有一个比较复杂的过程，南北朝是这个过程的转折点，到盛唐则集其大成。

(二)颜料生产与研制技术

秦汉以来的矿物颜料，品种较少，选制也未臻精密。南北朝以来，植物颜料中增添了南海等地运来的藤黄、紫铆（音矿）以及栀黄、槐花等新品种。银朱、铅丹、铅粉等化学无机颜料已广泛应用。胶的制造有所提高，并开始用矾。

这时期的彩画颜料以青色最为突出，石青品种很多而且质地优良，其中以“空青”及“曾青”为最佳。空青属于盐基性碳酸铜，产自蓝铜矿。“状若杨梅，其腹中空，破之有浆”，“空青生益州山谷及越嶲（四川西昌）山有铜处，凉州高平郡有空青山。多充画色”[15]。东晋顾恺之的《画云台山记》中有“天及水色尽用空青”之句，说明当时常用空青作画。

曾青“其青层层而生，故名。”[16]产于蜀中及西昌，常与空青同出一山。曾青在唐代亦称“蔚蓝”，“蔚”即今河北蔚县一带，在当时盛产曾青。“上有蔚蓝天”、“水色天光共蔚蓝”[17]，说明蔚县的鲜艳天蓝色，驰名当世。

扁青也是优质石青，称为“梅花片”。石青，也叫“梅花青”，色调较逊于以上二种，唐以后因空青和曾青的产量日渐稀少，彩绘多用扁青。此外，还有来自西域的“回青”和类似曾青的“波斯青”。回青又称沙青，同西藏产的“藏青”同属一种，质地较粗。

这时称石绿为绿青或碧青，其中以呈结核状的蛤蟆背为上品。

作为青绿两色的对比色，有朱砂、银朱、铅丹及土红、胭脂等。朱砂以湖南的“辰砂”和四川的“巴砂”为著名。质地优良的朱砂，状若芙蓉，箭镞、连珠、云母片，以“光明可鉴，研之鲜红”的“光明砂”为最好。

银朱又叫紫粉霜或猩红，呈略暗于朱砂的玫瑰红色，色调极为优美。它是水银加石膏脂制成，是凭借石膏脂的硫质而产生的。分子式与朱砂相同，但后者是天然生成的。

铅丹是用铅、硫黄、硝石为原料，经高温合成的桔红色粉末，色调纯净而匀细，便于调配。

用来调合或罩染朱砂与银朱的胭脂，原来用红蓝花汁或山榴花汁制成。这时期又出现了用紫铆制造的“胡胭脂”。紫铆又名紫胶，产自南海一带，乃是紫胶虫寄生在藤类树木上的分泌物，呈浓而鲜的紫红色，比一般胭脂耐久。

褐红或棕红的颜料有土红及赭石。土红有棕红、暗红等多种。产地多而且价廉。产自山西代县一带的赭石，南北朝时称“代赭”，又名铁朱，

---

1)《文选》卷三十三宋玉《招魂篇》注：“朱尘，朱丹也尘，承尘也。红，赤貌也，沙丹沙也，言以丹沙尽饰轩版，承以黑玉之梁。”

2）南宋人谢赫写的《六法论》，内容是“气韵生动、骨法用笔、应物象形、随类敷彩、经营位置、传移模写。”

有赭红，老红、暗紫等色调，唐代有用以为涂料者。“此石从代州来，赭色如鸡冠，土人往采以丹楹柱而紫色且暗”[18]。

黄色有石黄、雌黄、雄黄、藤黄等。石黄为铬的化合物，呈纯黄色。雌黄与雄黄皆为三硫化砷，雌黄呈柠檬黄色，雄黄呈桔黄色，两者相伴生在红砒石中，具有干燥力和剧毒，不用于绘画，仅用于彩画。藤黄产在南海一带的海藤树上，是一种树脂，色调正黄而毒。彩绘中常用它同蓝淀调合为草绿色。

白色有铅粉及白垩，铅粉亦称定粉，是盐基性碳酸铅；白垩亦称白土粉或“画粉”，因系画家所用故名。当时彩画仍常用白垩而不是都用铅粉。

这时期的用色技术趋向混合，已经采取矿物色、植物色和化学无机色掺合使用，并出现罩染、晕染、叠晕等多种方式，设色技法日臻完备。

胶是重要的调色剂和粘着剂。早在汉代就有“阿胶”亦命傅致胶之说。“阿”指山东的东阿。传说阿井之水制胶最好。唐代不仅用牛、驴的皮筋熬胶，用鹿的筋角制鹿胶，还用海鱼的气脬熬成鳔胶，制胶技术已很发达。敦煌石窟的北魏（图9－1－1）、隋唐彩画都是用优质清胶画成，至今很少起卷或剥落现象，历千载而色泽犹鲜。

这时期的制笔技术日益发达。自六朝至隋唐，书法艺术与当时的绘画线描技法（图9－1－2）都很讲究笔的性能。有羊毫、兔毫、鼠毫、狼毫等各种软硬毛笔。彩画勾勒用的画笔宜细长坚韧、富有弹性。设色则用羊毫为主。

矿物颜料的研制工艺愈益完备，要点是：击细并碾成细粒，煮洗去其渣垢，再加水乳细。然后再进行“飞跌”，即兑入胶水和清水加热，不断地摇荡，利用颗粒大小的浮沉现象和胶水遇热上浮的特点，在澄清过程中，下沉的粗细颗粒分成不同的深浅层次。分层取出后，经热水出胶、妥善加以保存，同时再兑清水调制。这样可以分出四层深浅颜色，以石青而言有青华（浮在上面的青松）、三青、二青、头青。头青又称大青，只有彩画用大青、大绿，绢上绘画则嫌其粗。

（三）色彩应用技法

汉魏时期的彩画色调比较简单，到了南北朝，开始出现了用色向多样化发展。这时青、绿两色配合，同银朱、朱砂、土红、赭石相对比；其间还夹以浅蓝、淡黄、浅绿等植物色，在白地的衬托下，呈现对比中有协调的新颖色调。其中以石青色常占优势。

以敦煌莫高窟的北魏288窟为例，窟顶人字坡的椽子之间，在白地上画着青绿和银朱的花草，其中穿插着莲花、鹦鹉、孔雀、人物等，色调明朗悦目，充满着自然的生趣。

这时期的彩画，开始用较多的复合色。如在石绿上加染石青，银朱上罩染胭脂，以及用银朱或铅丹调合铅粉，花青调藤黄，石黄调铅丹等等。彩画色调进入了丰富华丽的阶段。

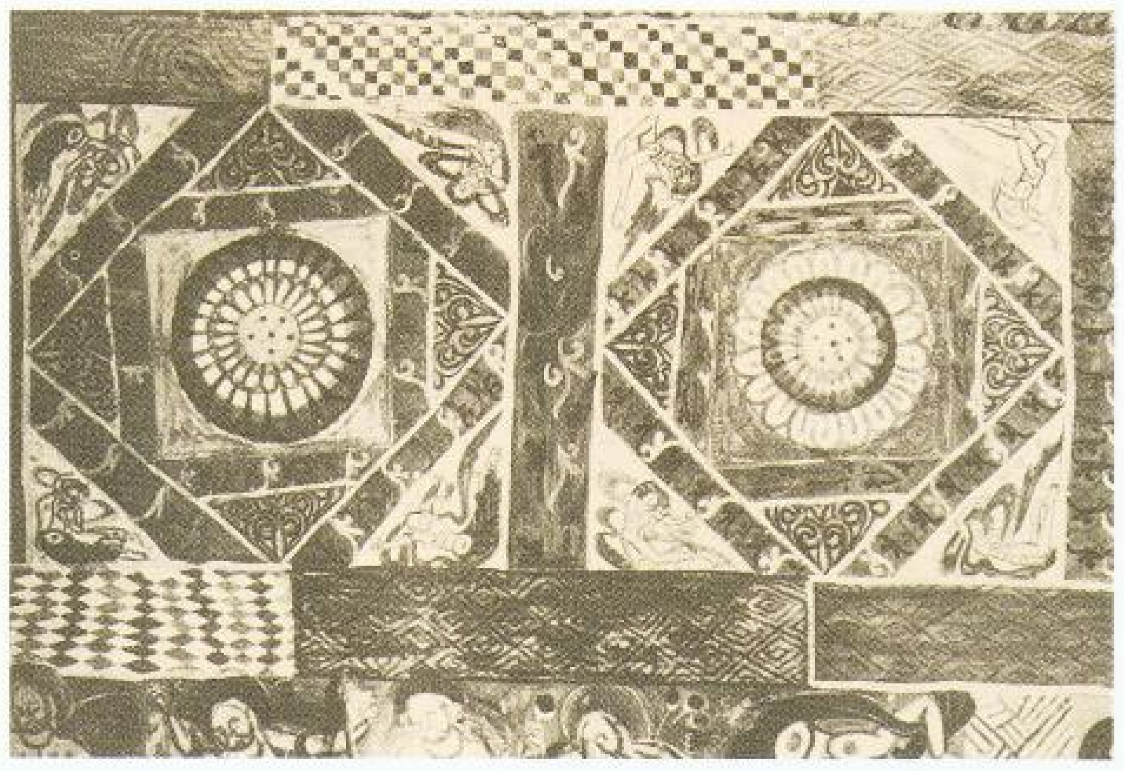


图9－1－1　敦煌石窟中的北魏藻井彩画

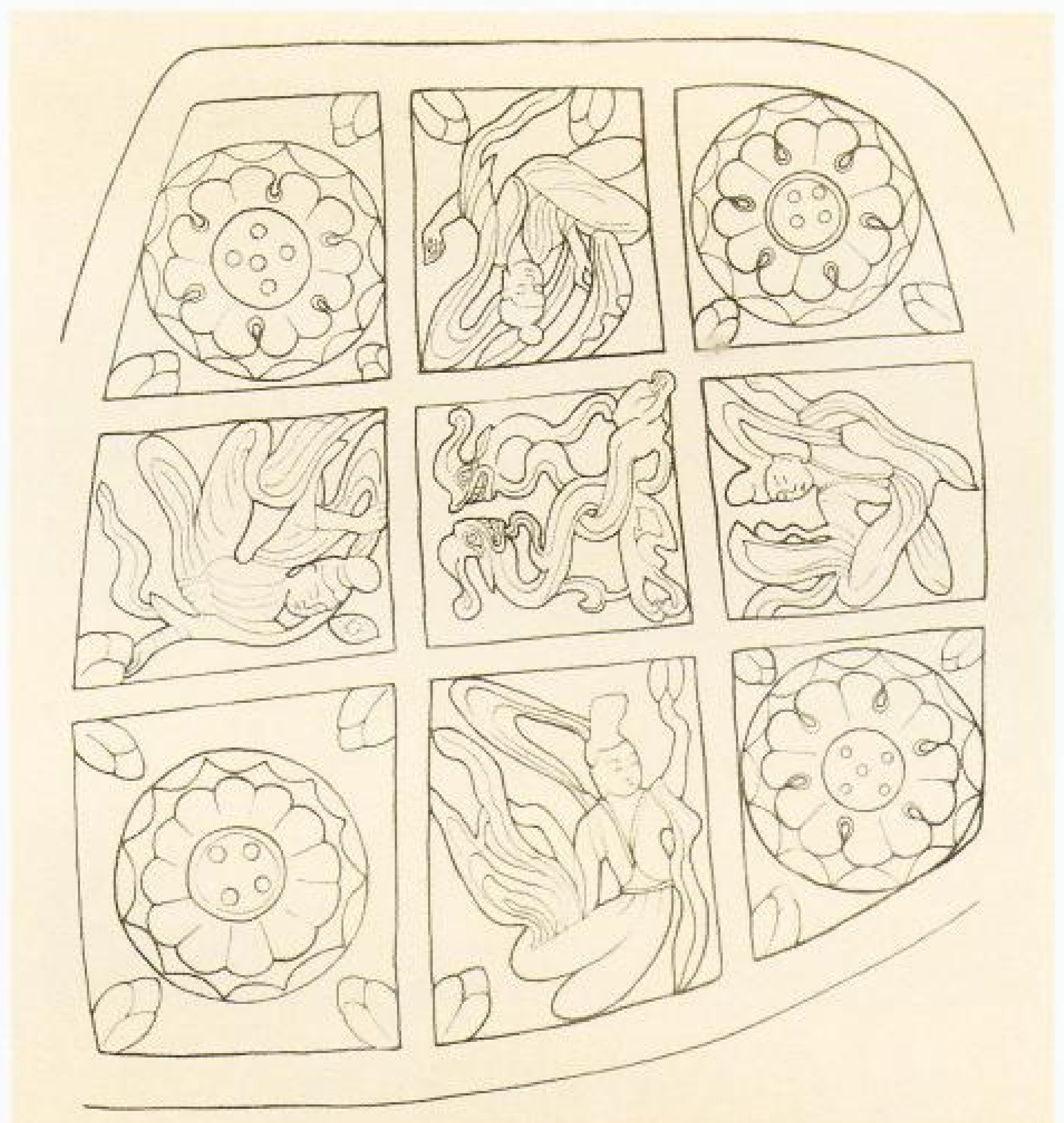


图9－1－2　大同云冈石窟北魏石刻平棊彩画图案

作为彩画发展史上的大事，这时开始出现了“晕”，以后逐步发展成“叠晕”。秦汉以来，设色多用平涂，随着佛教彩绘技法的传入，南北朝的彩画和壁画中产生了“晕”及“晕染”。

梁代名画家张僧繇曾在建康（今南京）丹阳县东南六里的“一乘寺”门楣上画凹凸花纹。“朱及青绿所成，远望眼晕常如凹凸，就视即平”[19]。据传是天竺画法，许多人去观看时引起了惊奇。这段记载中用“晕”字形容凹凸感觉（按：一乘寺建于梁大同三年，即公元537年）。

敦煌北魏彩绘画青绿山头时，即在石绿峰峦上部，趁湿加染石青，边际相隔而界限不清，可以称之为“晕染”。有时在花叶的局部边沿加一道深色的晕圈，但没有出现深浅层次排列分明的叠晕。唐代绘画愈加重视线描，“骨法用笔”受到强调。因而表现立体的设色技法，并没有在绘画中得到进一步的发展。另一方面，晕和晕染则经画工们的不断改进，发展成为“叠晕”技法而长期流传下来。

叠晕提高了彩画色调的装饰性，增加了色调的深浅变化，加强了纹样的立体感，利于色彩的调合统一，因而成为唐代以来的彩画传统技法。叠晕是以颜料的“飞跌”工艺为前提的，没有精确的色彩分层技术，叠晕是不能产生的。植物色则不宜叠晕。

（四）彩画起稿和布色

古代有一种名叫“粉本”的画稿，把画稿先画在皮纸或制过的薄羊皮上，按照纹样用针顺序戳成密排的小孔。同时把它复在木料上，将白土粉拍进孔内，依粉痕描稿。这是一种考究的作法，一般则直接用红土或淡墨起稿。敦煌彩画起稿有三种方式：即红土起稿，淡墨起稿和焦墨起稿。北魏和隋唐都用红土，晚唐到宋都用墨稿。

布色先布大体色调。用青、绿、朱红矿物色调少量白粉，先平铺一遍。待通幅的主要色调对比匀称后，再补填主要色，取得调合与变化。然后再进行细致的晕染加工和重点勾勒。这样作便于推敲色块布局，又便于涂改。

三　建筑色彩与彩画技术

宋、元时期，建筑色彩与彩画技术的进步，展开了新的一页。

这时期的彩画技术有普遍提高。内容包括衬底、衬色技术，堆粉贴金技术，胶矾水罩染技术，调色、合色技术以及布色、叠晕、剔填、积粉、贴络华子等等。这时期的木结构技术有新的发展，艺术风格趋向于飘逸秀丽，建筑造型以精致见长，需要精美的彩画来配合；彩画技法因而精益求精。

这时期的官苑及私家园林都着重于山水、花木的自然美，园林建筑出现了清翠色调。从而产生了以青绿两色为主调的彩画，建筑色彩装饰趋向幽雅。

宋代画院盛行画“折枝写生花”和“没骨花”，南北各地的建筑彩画上常加模仿，大都画在栱眼壁、枋心和须弥座壶门等部位。龙德宫落成之日，宋徽宗对画在柱廊栱眼壁中的“斜枝月季花”大为赞赏，一时摹者甚众，蔚成风气。写生花以牡丹为主，莲花及杂花为次，取其色泽鲜艳和富有生意。采用绘画中的写生花形式及其渲染法，赋于彩画技法以新的养分。

金玉、锦绣装饰的衰落和锦纹彩画的盛行，又促进彩画图案的精丽。宋初营建宫观，如大中祥符元年建造的玉清昭应宫，仍然以“文缯裹梁，金饰木”[20]。仁宗景祐三年，“诏禁凡帐幔、缴壁（即壁衣）、承尘（天花板）、柱衣、额道（额枋上挂锦幔）、毋得用纯锦遍绣”。熙宁元年冬十月戊辰有“禁销金服饰”等敕令[21]。因此，在熙宁中开始编写的《营造法式》中，不提金玉锦绣装饰，而以摹绘代替。锦纹中有团科、柿蒂、方胜、叠胜、琐纹、龟纹等几十种，画在柱头、斗栱、方桁、平棊、枋心等处。

此外，这时与阿拉伯人互通贸易，不断进行着科学文化的交流。阿拉伯装饰中异常发达的几何图案及其组合技巧随之传入中国，为我国的彩画传统增添了若干新的因素。

（一）彩画工艺的发展

1.胶矾技术

使用胶矾水是宋代彩画工艺中的一项重要技

术。明矾一般用作净水剂和染色的媒染剂。叠晕和罩染是宋代彩画设色的重要技法，胶矾水是必不可缺的东西。

矾水能产生络合作用，涂在物表形成不溶解的金属络合物，能防止水的浸透，把颜色牢固地附在物面上。叠晕和罩染都是需要涂几重颜色的。如果底层上不涂胶矾水，加染会引起底色的溶解和相混，产生污斑。因此每叠一重晕，都要涂一度轻淡的胶矾水。

单独的矾水往往是不匀的，因此必需加胶调成匀净的胶矾水。用匀净的胶矾水涂在底色上、加染颜色后就不会产生深浅不匀的现象。它还能保护颜料不受湿气的浸透，使彩画色泽鲜明，颜料经久不变和不剥脱。胶容易发霉，加矾后，则不易生霉。

2.贴金技术

彩画贴金起自何时，尚难作出肯定的答复。就敦煌石窟而言，则始于隋代。隋窟彩画中用的是平贴金及描金，如藻井的金地，金边以及花叶描金等，直到盛唐仍少变化。晚唐与宋初的敦煌彩画中，又出现了堆泥贴金及堆粉贴金两种作法（图 9－1－3）。堆泥贴金分两类：一是乘抹泥顶时，直接塑上去，藻井内的泥塑龙凤，其中都夹麻丝或细草，它是从北魏泥塑技术传下来的。另一种是模印泥饼，干后用胶粘贴上去。大都用在顶部支条的交接点和团花的中心，泥饼上的宝相花是模印贴金，不是沥粉贴金。

堆粉贴金呈微微突起的效果，藻井中的龙凤常用这种做法。它的做法同《营造法式》彩画制度中的"贴真金地"相似，也是只贴金不沥粉。

沥粉贴金技术用于佛像装銮出现颇早，用于彩画则较晚。敦煌初唐 57 窟和盛唐 45 窟的壁画佛像头部饰缨络和泥塑武士的衣甲上，都开始出现沥粉贴金。这时的沥粉材料用白土粉，沥出的线条粗而扁，尚处于初期状态。到了宋初，取得颇大发展。沥出的线条，圆匀而光洁，牢固地附在壁画上，经数百年而不坏。宋代用的灰色沥粉，可能是用烧过的香灰、绿豆面和细高岭土粉调制而成的。细而光滑的粉末，加胶后有很好的流动性和附着力，干后十分坚实。这时期的沥粉贴金仍用在壁画和塑像上，彩画中仍少应用。

（二）《营造法式》彩画技术的分析

《营造法式》一书中的彩画，从内容、种类、



图9-1-3 （1）宋代的堆泥贴金彩画之一（敦煌石窟藻井）



图9-1-3 （2）宋代的堆泥贴金彩画之二（敦煌石窟藻井）

用色、制度等方面，已经达到成熟阶段。现在就用色、制度、技法分析如下：

1.上色步骤

分衬地、衬色、布细色三个步骤。

第一步：衬地法。凡斗栱、梁柱及画壁皆先用胶水刷一遍。贴金地须刷鳔胶水。

五彩遍装之地用白土遍刷，候干又用铅粉刷之。碾玉装或青绿叠晕棱间装之地、用靛青和白土遍刷，或用雌黄合绿刷之。

衬地的意义和作用：木料能够吸水，在木料表面进行着色时，颜料的液体会很快被吸完，以致防碍设色。由于吸入颜料液体的干湿不一律，色彩会产生深淡不匀现象。衬地能够均衡地吸收色液，使设色均匀平整，并能同上层的矿物颜料结合成防护层，防止紫外线对木表的氧化和湿气渗入。

第二步：衬色法。即在衬地上加色。石绿图案用槐花汁[1]即调合螺青及铅粉为衬色；石青用螺青调合铅粉为衬色；朱红用紫粉调合黄丹为衬色。衬色实际上是衬地的上层，能起烘托矿物色的作用，使彩画色调更加浓厚耐久。

贴金之法：贴金与衬地是同时进行的。一般是先贴好金，然后着色。即先用鳔胶水遍刷贴金部位的木料表面，候干，刷白铅粉五遍，再刷土朱铅粉五遍。上面用熟胶水贴金，用锦按实之。著实候干，用玉或玛瑙或狗牙磨压令光。此即堆粉贴金技术，微呈突起效果。如须高些，可多刷几度铅粉。制铅粉要加入豆粉和蛤粉，使质地细而光滑。并因豆粉能提供胶质，使涂在鳔胶上的衬金粉[2]极为坚实牢固。堆粉贴金作法很费功，凸起效果又不十分显著。堆粉也可用白土粉，豆面加胶与豆浆混合调成。

第三步：在衬色上布细色（以五彩遍装为例）。

五彩遍装的细部设色顺序：

在梁、额枋、斗栱的外棱（即外边）留缘道，用青绿或朱叠晕。

梁、额、柱上彩画花叶之间，夹有行龙、飞禽、走兽等纹样者，用赭线描画在白粉地上，或更用浅色拂淡，不须显现赭线，然后上色。

色彩相间之法。青地上的花纹、用赤、黄、红、绿相间，外棱用红叠晕。绿地上花纹，用黄、赤、红、青相间，外棱用青或红、赤、黄叠晕。朱地上的花纹，用青、绿相间，外棱用青或绿叠晕，称为"间装法"。

叠晕与对晕法。

叠晕法：自浅色起、先以青华、三青、二青、大青为顺序相叠，每层留出适度的宽边，形成由浅到深的晕层。大青之内用墨压深，青华之外，留白粉压一道。绿色晕层用深草绿，朱色用深紫铆压深（亦称罩心）。花朵与枝叶则从两边起晕，中央压深。

对晕法：梁、斗栱的外棱叠晕，深色在外，浅色向内，心内用大青或大绿剔地，地外留边缘同外棱对晕，令浅晕在外。在相对的浅晕之间，划白线一道为分界。

叠晕和对晕主要用在木构件的边棱部分，能够产生浑圆的感觉。

2.各种彩画制度的分析

五彩遍装彩画是一种华丽的上品彩画，是从唐代传统上发展起来的，保持不少唐代风格，又具有新的特点。色彩以石青、石绿、朱砂为主，辅以胭脂、槐花、靛蓝等植物色。彩画中的写生花则以植物色为主，或浅或深，千变万化，任其自然，不用大青、大绿、深朱、雌黄、白土之类。加上画在斗栱、方桁、枋心等部分的各式锦纹彩画，综合地利用了当时的绘画及工艺美术成就，形成富丽精致的色调美。

碾玉装彩画。

这是宋代彩画匠师创造的色调清雅的彩画，制作极精，与五彩遍装同列上品。多层的青绿叠晕，外留白晕，宛如磨光的碧玉，这就是"碾玉装"名称的由来。

碾玉装与五彩遍装的主要区别在于不用朱红，花纹衬地用石青、石绿、绿豆褐或白色。碾玉装不用写生花，青绿纹样用浅色拂淡，色调清翠悦目。在大片青绿色中，局部以少量红花为对比，如"耍头并昂面刷朱；用雌黄棱界"，"素绿柱头用五彩锦，柱櫍作红晕莲花"等。碾玉装中还有"青绿碾玉抢金"的作法，属于华贵的处理手法。碾玉装多用于园林、宅第中，其青绿色调对明、清彩画的影响很大，是彩画色调的一大变

1）槐花汁作法：用未开的槐花芯可以制成嫩绿色。用已开的槐花制成黄绿色。制色是将采下来的芯或花，用沸水略经烫煮，加入少许石灰，令之发涨起色。然后捏成饼，用布绞汁，用来兑色。除为衬色外，主要是用它调合石绿或罩染在石绿上，可以加强石绿的鲜艳度和浓度，而且牢固不脱。宋代彩画常用之。

2）衬金粉（即土朱铅粉）作法：定粉（即铅粉）一斤，颗块土朱八钱。先将定粉研细过滤，凉干。用木炭烘烤（即熁粉）待粉烘到焦黄程度，再用桐油调合应用。煎桐油要加入松脂、定粉、黄丹，即利用衬托金色，又可加快桐油的彻底干燥。桐油如不干透，容易发霉。三者都是干燥剂，焦黄的定粉吸水力强。衬金粉不得用雌黄合粉、雌黄遇粉，金将变黑。



图9-1-4 （1）大同薄伽教藏殿内平棋彩画二例

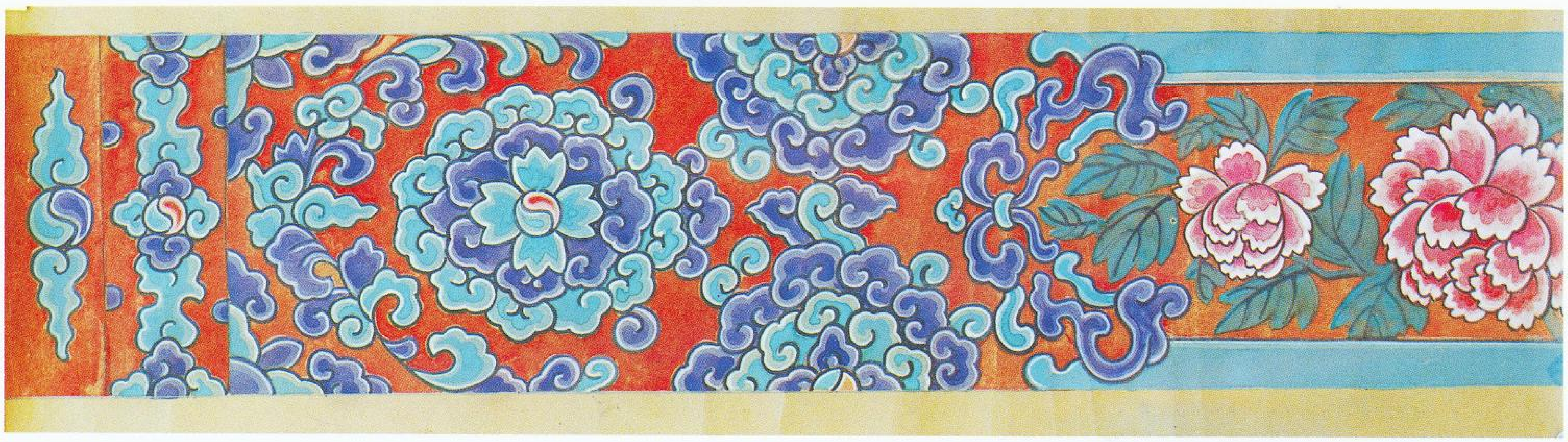


图9-1-4 （2）大同薄伽教藏殿次间内檐梁面彩画

革。

青绿彩画还有青绿叠晕棱间装，主要用在斗栱上。斗栱的外棱用青晕者，身体用绿叠晕；外棱用绿者，身体用青，是一种不画花纹的简单作法。另有三晕带红棱间装者，若外棱缘道用青叠晕，次以红叠晕，再用绿叠晕。青绿叠晕棱间装斗栱是明清斗栱彩画的前驱。

解绿结华装：

解绿结华装在《营造法式》彩画制度中，附属于“解绿刷饰屋舍”的“解绿装”内，乃是其中的考究作法。这是倾向绿色调的中等彩画制度。解有分解、区别之意，即以石绿为边沿，纹样内以绿为间隔，青色用得较少；以土朱为地，不用朱砂或贴金地。这种彩画起源很早，流行在晚唐、辽、宋时期。早在敦煌北魏251窟的斗栱上，栱和坐斗都用石绿为沿，土朱为地。其中的卷草、流云纹用黄、红与石绿相间，乃是已知的最早实例。大同下华严寺薄伽教藏殿等辽画（图9－1－4），以及已发掘的辽墓，和敦煌宋初窟檐等处的彩画作法（图9－1－5），大同小异，都是属于此类。

此外，还有两种仅用如意头的简单彩画：一是解绿刷饰彩画。“材、昂、斗栱之类，身内通刷土朱，其缘道及燕尾八白，并用青绿叠晕相间”，在檐额或梁栿之类上，四围留缘道，“两头相对作如意头”。二是丹粉刷饰彩画。“面上用土朱通刷，下棱用白粉阑界缘道，下面用黄丹通刷”。彩画在“檐额或大额刷八白者，随额之广，分为七分，各当中以一分为八白”。有的两端也做如意头。此类刷饰简称为“七朱八白”。额柱彩画的藻头（找头）部分全用如意头形式，《营造法式》把额柱彩画分为九种方式：即“单卷如意头”、“三卷如意头”为一个整如意头；“叠晕”等为一整两破如意头；“云头”为两半个如意头；“合蝉燕尾”为一个向内的如意头，额柱彩画对彩画构图影响较大，形成了额杉两端的“藻头”（找头）部分与“枋心”部分的三段构图格式（图9－1—6）。

杂间装：

《营造法式》的彩画制度是以色彩为分类依据的，每一类彩画都有它自己的主调。同时可以按照具体要求，灵活调配。它不同于以图案主题分类的和玺或旋子彩画，那是不能相互配合使用的。

宋代彩画可以随宜配合，因而增加了灵活变化的余地，有利于彩画技艺的发挥。如五彩装，

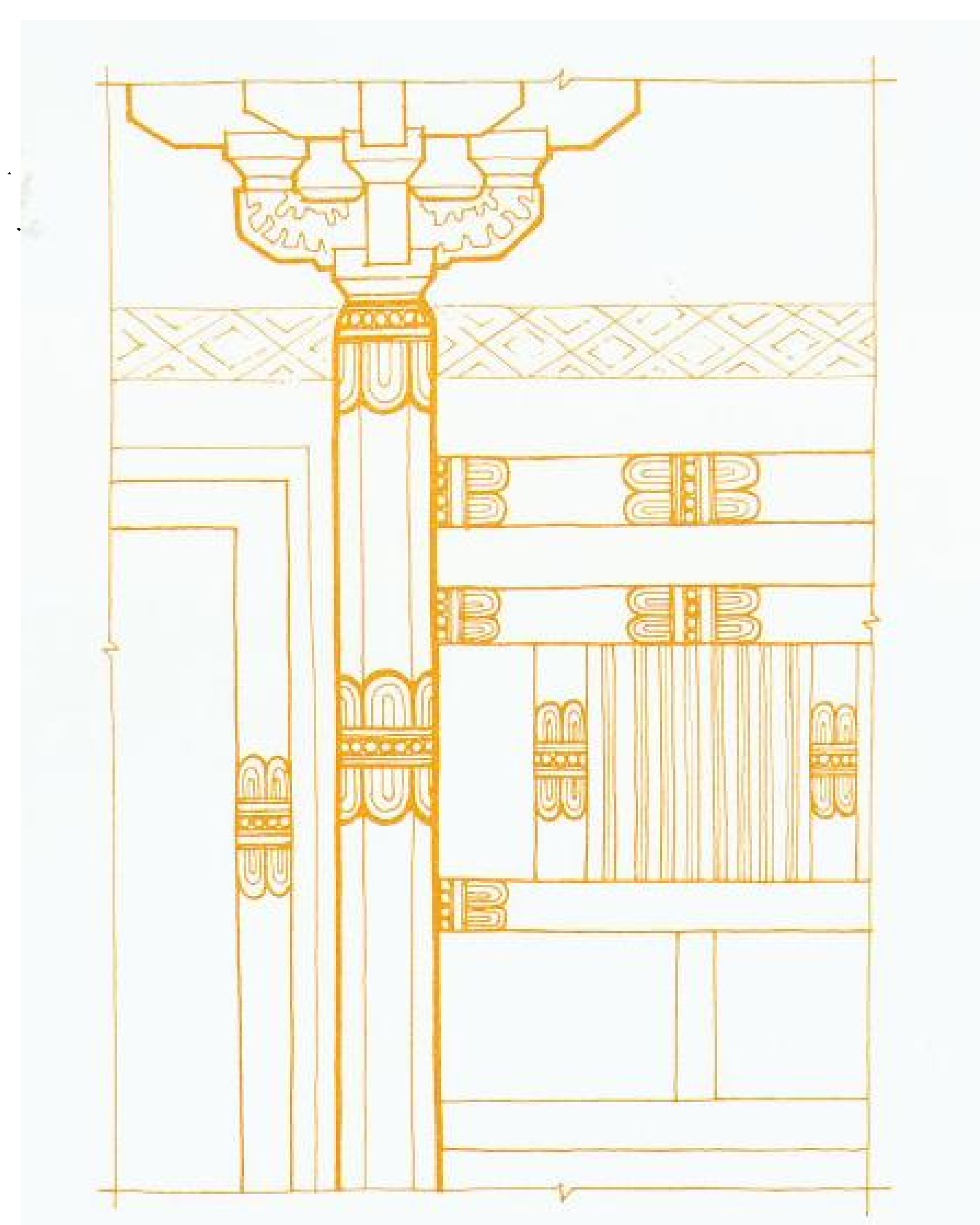


图9-1-5 敦煌石窟宋初窟檐的束莲彩画

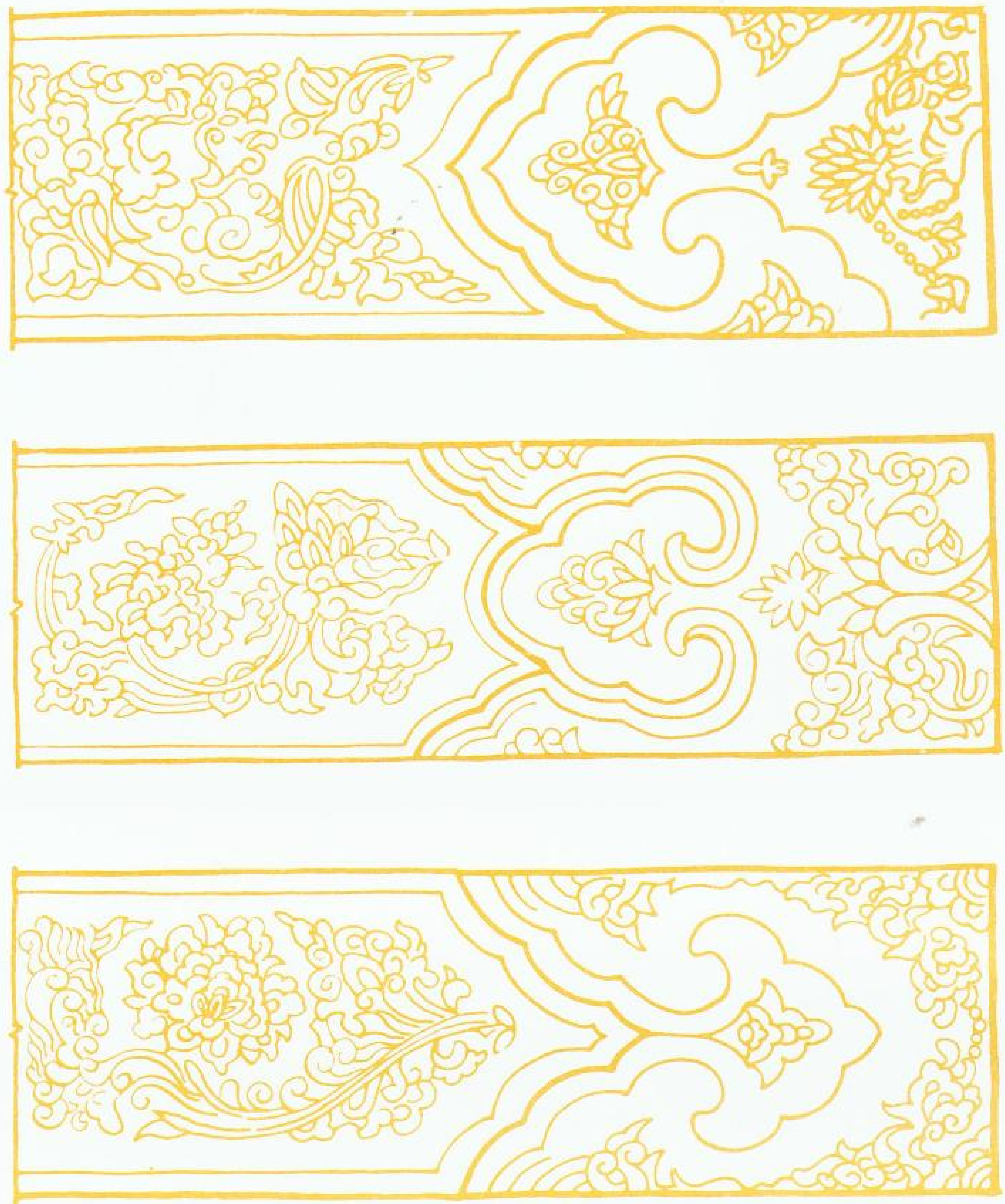


图9-1-6 宋《营造法式》额柱彩画

额枋角叶用红地，枋心纹样可改用青绿碾玉装，使华丽的五彩装变得淡雅些；又如碾玉装外檐彩画，改用三晕带红棱间装斗栱，藉以加强色调的对比，并有简化纹样的作用。

除杂间装外，这时期的建筑彩画常以多样化的面目出现。以敦煌宋初窟檐彩画或辽薄伽教藏殿彩画为例，在用解绿装为主的同时，又穿插应用了没骨画和勾勒的写生花以及飞天等。辽奉国寺大殿的彩画更是多种多样（图9－1－7），不一而足，这同明清时期在一个建筑中仅用一种彩画制度的作法，是颇为不同的。

3.彩画与雕塑的配合技法

宋代的细木雕很发达，常用来配合彩画。多样化的雕刻技术和安装方法为彩画与雕刻结合创造了条件。圆雕和高浮雕一般采取“雕插法”，半圆雕或浮雕则用“贴络法”。彩画枋心常贴络各式花朵或飞禽走兽之类的浮雕；在平棋中常贴络盘龙、对凤等浮雕。贴络是先用胶粘，干后加钉。栱眼壁是雕插写生花木雕的地方，把雕刻好的牡丹花等插在壁面上的木花盒里。这些木雕都着色晕染，当作彩画中的重点雕饰。

贴络“华子”是宋代平棋的特殊技术。“以方椽施素版，谓之平暗，以平版贴华，谓之平棋”意思是用棋子一般的华子，贴在平版上，故名“平棋”。华子是用木片雕成的，有雪花、圜花、罗文、柿蒂、平钏等十多种形式，可以应用斗八、斗十二、簇六、六八等许多组合排列方法，构成



图9-1-7 （1）义县奉国寺大殿内檐稍间单步梁底面彩画



图9-1-7 （2）义县奉国寺大殿内檐东次间梁面彩画

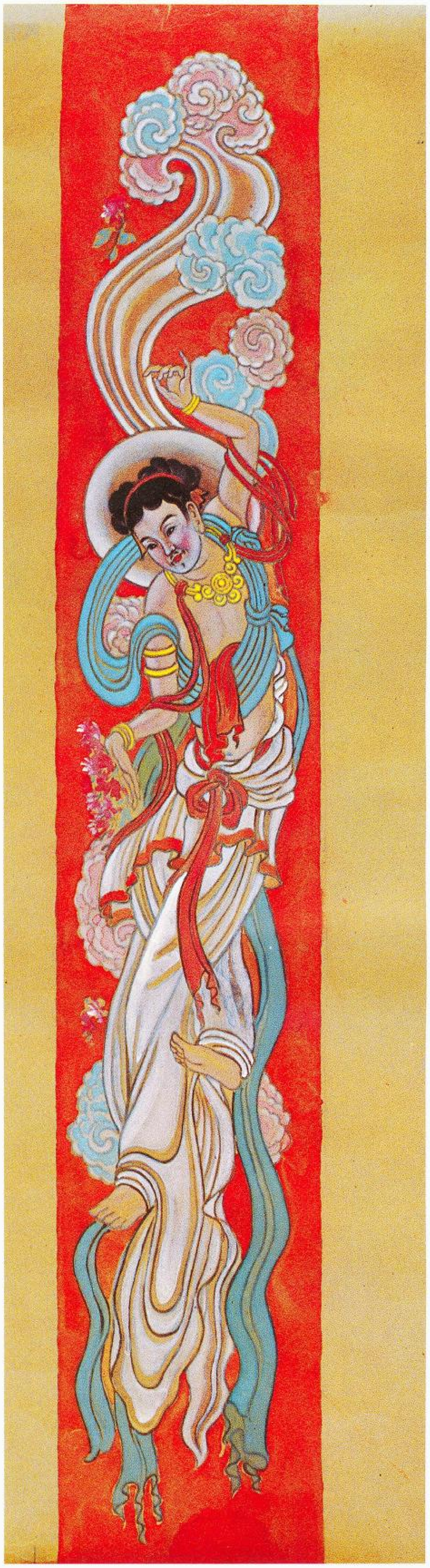


图9-1-7 （3）义县奉国寺大殿六椽栿底面飞天彩画之一（半幅）



图9-1-7 （4）义县奉国寺大殿内部明间梁的彩画

六八圜华、簇六雪花等图案，作法颇多几何式构思。布局确定以后，用鳔胶贴华子，干后划削令平，用钉钉牢，华子上面照常着色描花，施加晕染。

彩画中贴络雕饰的技法为元代所继承。现存元永乐宫的藻井、枋心及栱眼壁中，贴络着各种式样的木雕或泥塑龙。雕塑与彩画相配合的技法，一直流行到清代。

四 建筑色彩与彩画的演变

(一)墙面色彩

汉代的红白配合的外观色调，沿袭至唐未变。除屋面上开始用琉璃外，其余无多改变。北魏洛阳塔仍是"白殿丹楹"，"朱柱素壁"[22]，隋代宫室依然是"饰以丹粉"[23]，唐代一般建筑的外墙抹石灰或白土粉，木料刷土朱或赭石，窗棂刷绿色，很少涂漆者，有"赭垩之饰必良"的记载[24]。这时期的日本寺塔沿袭唐代作法，外檐色调与所用颜料同唐代大致相同。

考究的墙面作法，见于《清异录》的记述：唐"穆宗喜华丽，所建殿阁以纸膏胶水调粉饰墙名雪花泥；又一等鳔清（稀胶水）和丹砂末，谓之长庆赤"。宋代南方少数民族地区也有用滑石粉饰墙的，"滑石，土人以石灰圬壁，及未干时以滑石末拂拭之，光莹如玉"[25]。

明代的白粉墙大都用在江南一带住宅园林中。明计成《园冶》说："历来粉墙，用纸筋石灰，有好时取其光腻用白蜡磨打者。今用江湖中黄沙，并上好石灰少许打底，再加少许石灰盖面，以麻帚轻擦，自然明亮鉴人，倘有污积，遂可洗去，斯名镜面墙"。

秦汉时期的红墙多用于室内和地面，两者的作法类似，称为"土被朱紫"。据秦咸阳宫遗址和汉西宫王莽辟雍的发掘报告，作法是墁草泥、谷壳泥、细泥，表面上加墁红色细泥，再用圆形砾石磨光压实，制成很光滑的朱红面。

敦煌宋初石窟窟檐外墙为粉红色，就是在白灰中掺红土调合抹成的。《营造法式》中有合红灰、合黄灰、合青灰的配合法，皆是用石灰为主料，调合土朱，赤土，黄土等制成。说明宋时墙面有多种淡色作法。

明清宫城、殿庙外墙都用红色。由于是在砖墙上抹成的，作法略有不同。明代以前多用土墙，土墙可以防碱。砖墙泛碱、色彩难保不变，因而有用麻束钉在砖缝上，然后抹红色灰泥，表面罩红土的作法。《工程做法》上有"抹饰红灰：每折见方一丈，厚五分，用白灰一百二十斤，红土六十斤，挂麻八两，麻刀五斤陆两"的记述。表面罩红土有"提刷红浆，每折见方一丈用头号红土十斤，江米四合，白矾捌两"的作法。这样做的结果，能经久不变色。

明、清宫殿、陵墓建筑的内墙及宫城门券内墙等、都用黄色墙面。施麻调料与红墙同，惟黄颜料用包金土。这是一种优质黄土，产在京郊及山东等地。明清宫殿等内部用包金土粉刷，比红墙明亮；沿边刷绿，边内起细红线一条，称为"绿牙子"。这种黄墙面经压平抹光,极为光泽悦目。

江南庙宇外墙面用黄色，其作法据《营造法原》说："刷黄时可先将墙垣粉平，刷白灰水三道，上罩绿矾即呈黄色"。

(二)屋面色彩

南北朝时出现绿琉璃檐脊，称为"剪边"。敦煌北魏、西魏窟的壁画上所画的建筑物，都是用灰瓦屋面配以绿琉璃脊,正脊两端有绿琉璃鸱尾。近脊中央及戗脊端部也有安置红琉璃宝珠者。盛唐前后出现绿琉璃的屋面，杜甫《广州越王楼诗》中已有"碧瓦朱甍照城郭"之句。唐兴庆宫遗址曾挖出两块绿琉璃板瓦，证明盛唐之际已有绿琉璃瓦的屋顶了。

到了晚唐，青色琉璃瓦流行起来。继之又有深青泛红的绀色琉璃瓦出现。同碧瓦一起和宋代流行的青绿彩画、装修相配合，形成园林、宅第的清雅色调。

金中都宫殿"两廊屋脊，皆复以青琉璃瓦，宫阙门户，即纯用之"[26]。这时中都宫殿中开始出现满铺黄琉璃屋面。"后有数殿，以黄琉璃结盖，号为金殿"[27]。这时大概是统治阶级为夸耀华丽而用，并非礼制的规定。

元代宫殿的琉璃屋面趋向丰富多彩。"元祖肇建内殿，制度精巧，瓦滑琉璃、与天一色"[28]。

大明殿“顶上之瓦，皆红、黄、绿、蓝及其他诸色，上涂以釉，光辉灿烂”[29]。元代的山西永乐宫三清殿屋面用黄、紫两色琉璃组成中心四岔图案，说明元代琉璃生产发达色调富于变化。

现在北京故宫的黄琉璃瓦宫殿是从明代开始的。明初建造北京宫城时，要求恢复古制，黄色屋顶是加强建筑礼制的重要措施——以黄为尊。自隋以来逐渐形成以黄色为最尊贵的服饰、用物的主色。明代起又成为皇宫屋瓦的主色。

（三）石材色调

唐代大明宫的含元殿台基栏杆都用青石，故有“陛莹冰级……铁石丹素无加饰焉”的记载[30]。到了南宋范成大使金时，诗中记事有“燕石扶阑玉作堆”之句[31]“入丰宜门过龙津桥，桥分三道，通用玉石扶拦”[32]。“燕山石，出水中，名夺玉，莹白坚而温润[33]。洁白无瑕的“旱白玉”是大理石的一种，为纯洁的碳酸钙。旱白玉之类的白石不溶于水，一洗便净，产于北京房山一带。

元代内殿“阶琢龟文，绕以曲槛，槛与阶皆白玉石为之”[34]。元建居庸关云台栏杆，也用白石制成。明初南京宫殿及孝陵石栏都用青石，是就地取材之故。明清北京宫殿，坛庙、陵墓则一律采用白石制作台基、栏杆、华表及门券面，形制与元代类似。确信是从元代基础上发展而来的。

（四）装修色调

宋代以前建筑装修的色彩，窗棂部分刷青绿。到了宋代，木构装修色调仍趋向青绿。《营造法式》设色制度中出现土朱与合绿并用的两种设色制度，这在唐代是没有的。如木华表柱刷土朱或绿笋通造，乌头门用抹合绿棂子或刷土朱等。门窗棂格大都用绿，有抹合绿方格眼、合绿刷球文格子、抹合绿障水版等规定。合绿系雌黄、蓝靛调配而成，下面有衬地，干后罩清油，色泽经久不变，并有防潮、防蛀的作用。

宋代以来的青绿彩画，朱金装修、白石台基和红墙、黄瓦等在明清官式建筑中得到综合利用。其特点是：重视色彩的大体构图和局部之间的衬托与对比；集中处理檐下的成片青绿色调，同时突出大小额枋彩画；取消檐柱彩画，加强其整体性，从而使彩画的布局与构图同外观造型紧密配合起来。

金元时期的宫殿装修用色倾向金红，元代出现“朱金琐窗”。这就是明代朱金菱花窗槅的前身。

第二节　明清建筑彩画技术

明清是我国封建社会晚期，但这个时期建筑的规模仍然很大。建筑装饰，在工艺技术上更加精致，在图案设计上更趋于定型标准。

明清五百多年的土木兴建，综合了南北方建筑装饰艺术的特点。这个时期彩画行业的从业人数相当大，客观上培养了许多彩画工匠。明朝初期，封建统治阶级役使几十万工匠，对北京进行了十六、七年的营建，对全国各地和京城附近的工匠实行“轮班”和“住坐”的服役方式。当时服役的油漆彩画工匠据《明会典》记载就有六千七百多人。到清代后期，遇有营建常直接由市肆的木厂、油局子、彩画作来承办。

明清两代建筑彩画，不仅在技法上，而且在施工技术上都有较大的改革。

一　明清建筑彩画的发展

明代彩画大都是直接绘制在刨光的木件上，木构件事先只做“填补”和“钻生”的处理1)。目前能见到的明以前的彩画保存甚少，大多是经过了历代翻修已非原貌。但明代彩画还保留下来一些作品，如北京十三陵的长陵（图9-2-1）、智化寺和法海寺等处都是很珍贵的实物例证。椭圆的团花、圆形的旋子和扁长的如意头图案，都恰当地施用在彩画上（图9-2-2）。江浙等地少数建筑中还保留着一些明代彩画，反映了江南彩画的技艺成就。

到了清代，由于封建统治阶级穷奢极侈，土木兴建不已，造成了木料的缺乏，因而木结构中出现了包镶柱子，拼合梁枋的做法。木构件上许多的铁箍、铁钉和拼缝，致使彩画不可能直接地绘在木料表皮上。这样油漆地仗的使用便开始盛行了（“地仗”主要是填补缝隙，使之光滑平整，具体做法参看油漆技术一节），这就使得彩画地子的处理发生了变化。

明清建筑彩画总的特点是，纹样庄严，构图严谨，配列均衡。植物和几何纹样多采用相对称的形式。色调有浓淡与华素之分，用金量多。因为它需要具备远观近看的两种效果，所以，使用颜色上一般都是大面积平涂，加之退晕手法，在上面描绘各种花纹。为陪衬整个建筑物的整体造型，有的辉煌夺目，有的轻爽素雅，具有独特的风格。它的图案内容受着封建等级制度所制约，色彩及贴金多寡皆有严格的规定，不准随意乱用，多年来形成固定规矩。

大木梁枋彩画种类繁多，随着时代的进展，在花纹的组合和色彩的使用上也多有变化。到清中叶后，匠师们便把它归纳为三大类别，即：旋子彩画、和玺彩画和苏式彩画。每类彩画又按等级区分为几种做法，按照每种彩画的制度安排色彩和图案，习惯上称为“规矩活”。

所谓规矩就是各种彩画的构图、工序、颜色、操作技巧形成了统一的法式，为了便于记忆，常以口诀的形式出现。如：构图上的“里打箍头外打楞”；颜色上的“上青下绿”，“整青破绿”等。因之在施工过程中，无论图案多么复杂，参加彩画施工的工匠有多少，也能作到有条不紊。即使采用流水作业，或前后檐分开施工，不相往来，也是不会错的，由此可见规矩的重要性了。

但是，彩画发展到清末，由于建筑艺术陷于僵化状态，使彩画制度过于死板。另外由于资本主义萌芽的发展，彩画行业多按地区分为帮派，由各营造商、把头和行会的权势者所控制，进行技术垄断。同时视工艺创新者为“外江派”2)，从而使彩画得不到创新，这是造成彩画艺术退步的原因。

由于封建等级制和宗法思想的影响，各类彩画都有自己习用的题材内容。作为皇权标志的“龙”、“凤”是宫殿彩画的主题。由于喇嘛教的盛行，“西番莲”、“八宝”也成了宫殿、庙宇彩画的

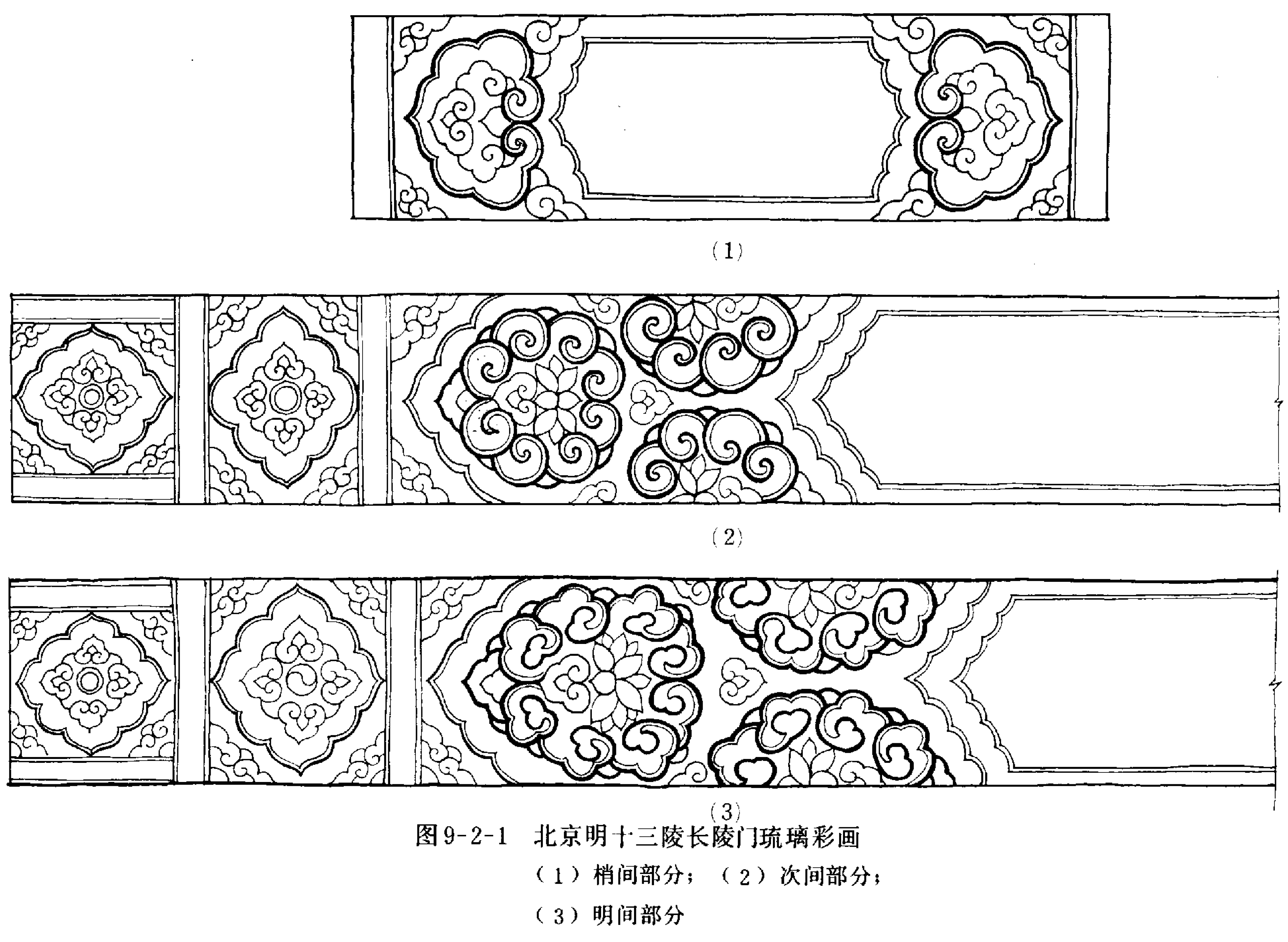


图9-2-1　北京明十三陵长陵门琉璃彩画
（1）梢间部分；（2）次间部分；
（3）明间部分

1）“填补”是指填补木件上的裂缝。“钻生”是指用桐油在木件上涂刷，以防木材受潮或干裂。

2）“外江派”是泛指外来的工匠或外行的意思。

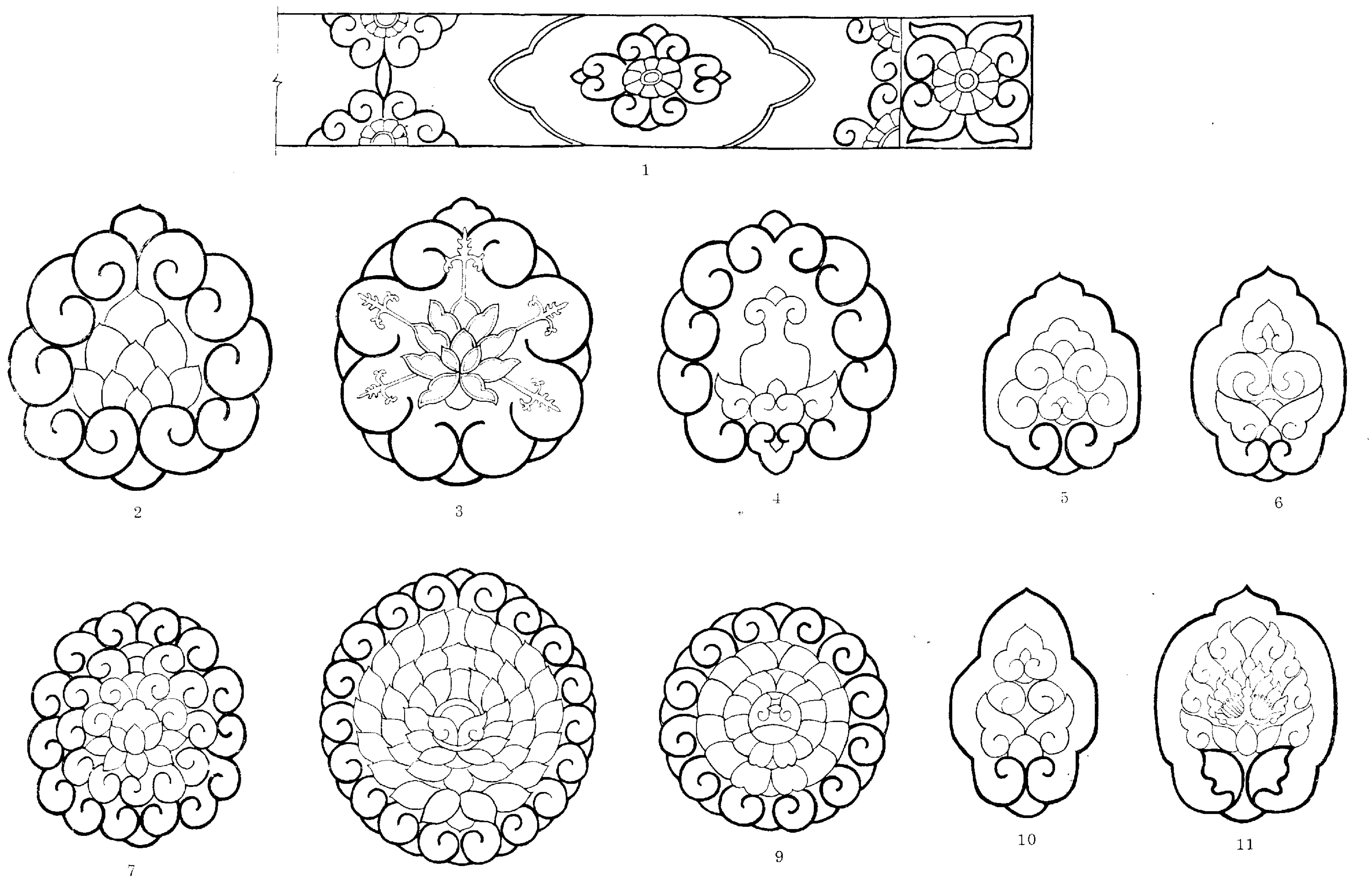


图9-2-2 旋子团花图案

1.宋刊大字本妙法莲华经引首木刻佛像边；2.元 永乐宫三清殿；3.明 智化寺万佛楼；4.大同善化寺大殿（明代重修时绘）；5.明 大同兴国寺；6.北京碧云寺（明末清初）；7.清代中叶后的定型旋子；8.白塔寺；9.文天祥祠堂；10.智化寺；11.白塔寺；

题材。在纹锦装饰中有不少还继承着唐、宋以来的图案如：夔龙、夔凤、宋锦、流云、异兽等。

旋子彩画，是以青绿颜色或龙锦枋心配以青绿为主的旋子花图案和如意头图案，相间加上西番莲等各种轮草、海八宝图案。根据不同等级分多种做法，常用于明清时期的宫殿坛庙等建筑上。唐宋以来建筑彩画，不断采用宝相花、海石榴花、牡丹花等团花图案。团花、旋子、如意头三种图案配合应用，是明清建筑彩画特点之一。团花宛如盛开的花朵，花心由莲花、石榴、西番莲组合而成，姿态多异、构图简练而明确（参见图9-2-2）。

和玺彩画，风格严谨、庄重，取材多系龙凤、祥瑞[1]及龟背形几何纹样，用金量大，多用于宫殿上以显示“尊贵”。

苏式彩画，起源于江南的苏杭二州。清代宫苑别馆中的楼台、亭榭建筑上多以苏式彩画装饰。南方多采取雕刻与彩画相结合的做法，画面以锦纹图案为主，同时还以木雕泥塑的人物故事或花鸟等作陪衬。北方则采用锦纹图案作装饰，其间加画一些花鸟、鱼虫、山水、人物，是较为活泼的一种彩画。

二 梁枋彩画的构图特点

明清梁枋大木彩画在整体构图上，按各个梁枋的全长均分为三段，工匠术语称之为“分三停”。从整体上分三部分便于布置图案，无论哪种彩画都能使之构图紧凑。其制度从明代以来一直沿用至今。它的当中部分叫做“枋心”，左右对称部分叫做“找头”，找头的外端叫做“箍头”（图9-2-3）。

“找头”，是在构图上划分出各线路之后，除去枋心和二端的箍头外，所剩下的面积。这块面积的大小是随着木件长短宽窄而变化的。根据所空下的面积大小，画出合适的花纹。

“箍头”，古来梁柱末端多束裹带环，以防止木材劈裂。后来经过美化，以绘画方法形成箍带，称为箍头。箍头上描绘花纹者称“活箍头”，没有花纹者称“死箍头”。

遇有梁枋构件过长时，为使构图完美紧凑，在找头与箍头之间，量出大约与枋子等宽的一个面积，再画一条箍头，两条箍头之间称“盒子”（图9-2-4）。

为了明确划分枋心、找头和箍头的界线，所施线路因部位的不同而有箍头线、岔口线、枋心线、皮条线等名称，统称为“锦枋线”。

以上是明清梁枋彩画在构图上的基本形式。下面试将宫殿彩画中花纹的应用、构图制度及工程做法分述如下。

三 旋子彩画

找头内画旋子花纹，是旋子彩画的特征。它是牡丹花演变形成的一种图案，起源于宋、元时代。至明清两代有着更大的发展。

旋子彩画的基本构图方法是采用一整两破式的花纹构图。这种构图方式伸缩性大，能够适应各间梁枋的宽窄尺度和长短比例的变化。也适用于同间木结构等长不等宽的情况下取得统一和谐的纹路。一些木构件，如下额枋，插栿和插梁等三个面都需要进行彩画，存在构图的连贯问题。采用旋花纹来处理，就能圆满地解决转角部位图案联贯的问题。另外，旋花轮廓简单明确，层次清晰，便于青绿颜色的相互调换。自元代开始出现旋花纹后，经过不断的演变，旋子图案自成一体，为明清两代殿宇彩画的主要题材。

1）“祥瑞”是指灵芝草、瑞草、吉祥草之类。

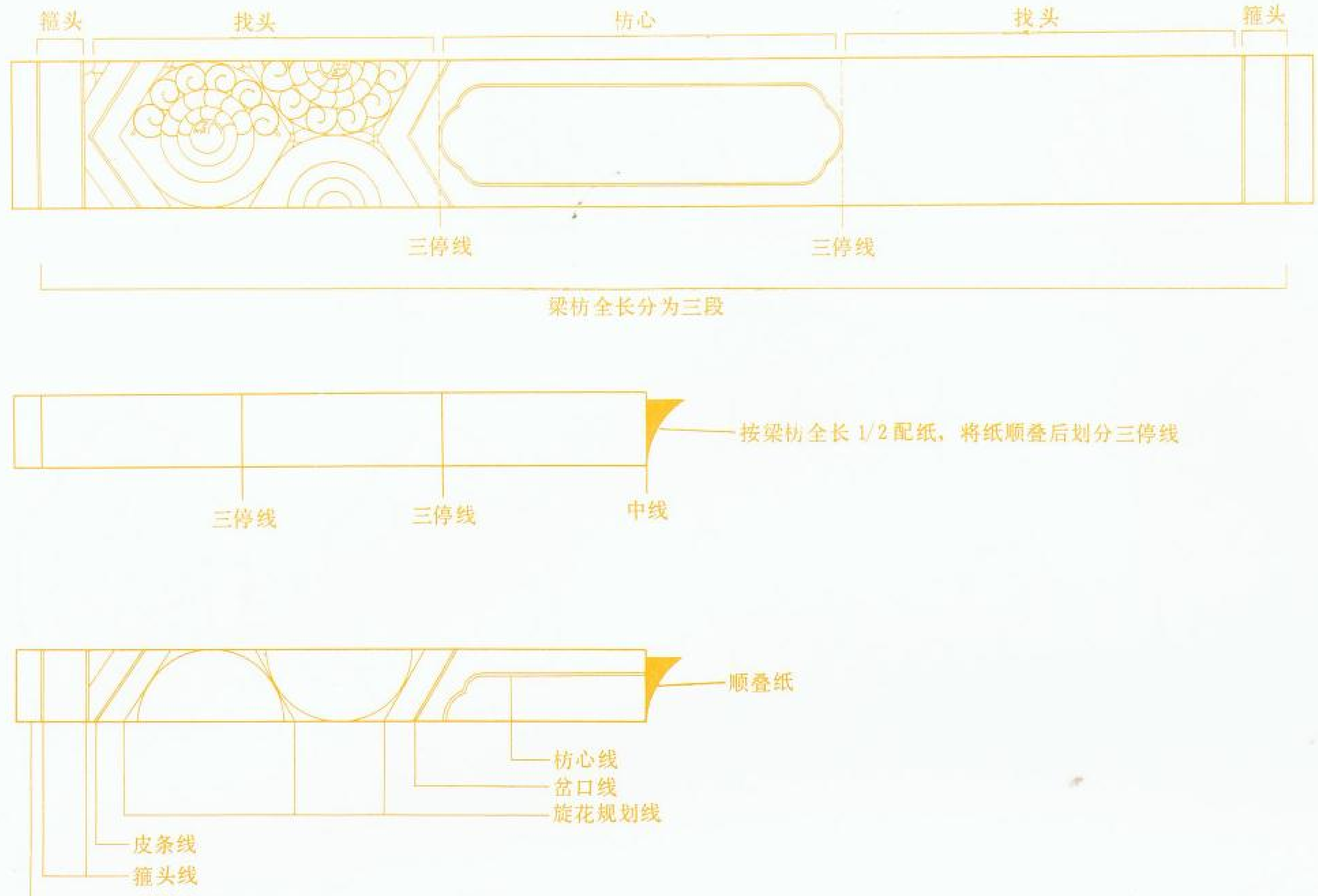


图9-2-3　梁枋规划线名称部位图

(一)明式旋子彩画

旋花造型在明代尚未定型，构图比较自由。它的特点是用金量小，贴金只限于花心（旋眼）部分。枋心内大多不加绘任何纹草、云龙图案，只用青绿颜色叠晕。梁枋彩画的各锦枋线（箍头线除外）均采用联贯的曲线，与找头内的花纹协调一致。找头内图案花纹是根据梁枋的宽窄及找头的长短而变化的。以明正统八年（1443年）北京西山法海寺梁枋彩画为例（图9－2－5，6），可以看出由于上檩条与额枋的宽窄不一，为取得比较协调的构图效果，都采用“一整两破”的形式。额枋用圆型的旋子花纹，檩条则采用伸缩性较大的如意纹来进行组合搭配。在明清晚期还出现过无旋花的龙草、龙锦彩画（图9－2－7，8）。

明式旋子彩画的箍头，一般来说，要比清式的窄。盒子内的花纹变化比较丰富。

沥粉贴金技术，在明代已较多地使用到梁枋彩画上。明正统年间的法海寺梁枋彩画的线路花纹中尚未见到沥粉贴金，采用的只是在花心部分


图9-2-4　墨线小点金旋子彩画（清）



图9-2-5　北京西山法海寺内檐彩画（明）

图9-2-6　北京西山法海寺外檐彩画（明）

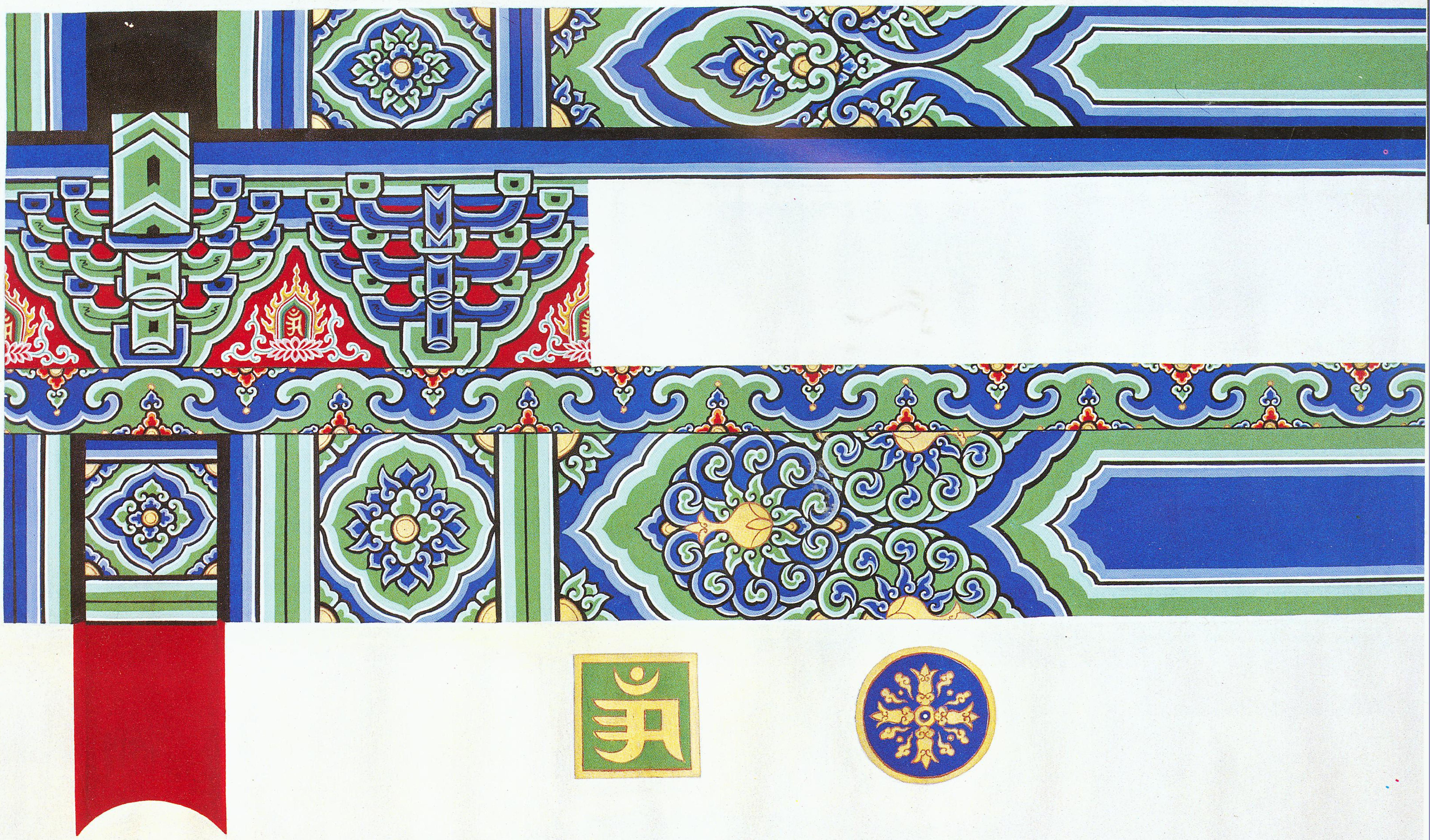




图9-2-7　北京潭拓寺大殿梁枋彩画（明末）



图9-2-8　北京陶然亭云绘楼彩画（明末）



图9-2-9　金琢墨石碾玉旋子彩画（清）

贴平金，朱红颜色开描的做法。而万历年间重修的智化寺，彩画图案虽然和法海寺大体一致，但沥粉贴金的比重增加了。除花心沥粉贴金外，各主要线路也一并采用了沥粉贴金的做法。

明式旋子彩画的特点是构图自如，用金量小，并多用碾玉装的叠晕方法做成，色调明快大方。

（二）清式旋子彩画

清初，旋子花纹的变化和色彩的使用逐渐地趋于统一。为了便于施工，和计算工、料，将彩画分出了若干等级，制度较为系统明确。雍正年间，官方编撰了《工程做法》一书，书中对于油漆彩画的工料定额，都有明细规定。但对于彩画作只是罗列了各种彩画名称及用工用料的定额，着眼于经济核算，并未讲述什么做法制度，名实不符，是一个很大的缺点。

民间技艺的流传，一向以口传身授的方法来继承。彩画艺术也是这样。民间画行里，师徒相承素有根基。因此，目前流传下来的古建筑彩画，从构图制度及颜色的使用等方面与《工部工程做法》和目前保存的乾隆、嘉庆年间的彩画相对照，除一些细小枝节（彩画名称及所用颜料）略有不同外，其他基本上继承了传统的官式做法。

清式旋子彩画，花瓣层次较多，可分成几路瓣。外轮廓的大花瓣成圆形旋涡状，又称一路瓣，它是由凤翅瓣形的旋花，简化而成的图案，与旋眼（花心）成为统一的圆形体，好象一个小花蕾，比明式旋眼小。它的构图特点是随着找头尺度的变化而采取加减旋花的方法进行组合。这样，能更充分地使整组木构件上的梁枋彩画取得协调一致的艺术效果。

找头旋花图案中，部位线路的变化比较明显。如岔口线、皮条线改明式的联贯曲线为斜直线条，枋心头改为圆弧状。枋心内的处理除沿用明式的空枋心外，大多加画伍墨（即五彩）的龙锦枋心或次一等的花锦枋心。同时沥粉贴金的数量增多。等级越高，沥粉贴金的地方就越多。故清式彩画从贴金的数量多寡就可区分出它的等级（图9-2-9）。

（三）旋子彩画的起稿程序

因明清旋子彩画大体上的格局一致，下面只将清式旋子彩画在各木结构部位上的图案起稿规则概述如下。

起稿，工匠称为“摊活”或“起谱子”。

摊活、起谱子在各种彩画中是主要环节，也是最重要的一道工序。它既有严格的程式，又有因地制宜的灵活巧妙的变化。所以，必须了解大木作的营造制度，才能起出正确的谱子。明代彩画的起稿，都是由有经验的匠师直接往木构件上摊活，最要功夫。后来逐渐地改进，采用配纸起稿的方法。即可达到起稿的高度准确，又可在同样大小构件之间相互借用，提高效率。

谱子的完成，经由下列几道程序：

（1）丈量：将需要彩画的各部位（明间至次间，檐外至檐内，殿内各架梁）一一进行测量。要由鞅角测起，先测量长度，再测量宽度，记录下确切尺寸。至于垫拱板、霸王拳、各类椽头、麻叶头等奇形构件则采用比拓实样的方法。

（2）配纸：使用优质牛皮纸，按梁枋宽度裁纸，配好梁枋整间面宽的$\frac{1}{2}$长度。（因明清彩画两端对称，故取其$\frac{1}{2}$即可）。

（3）梁枋起谱子：将裁好的配纸顺叠后，分三停线。（因明清梁枋彩画在线路划分上，上下对称，故又只起枋宽的$\frac{1}{2}$即可）。分三停线后，画各部位大线。因各梁枋面积宽窄不同，花纹就要有所变化。但为了格局的统一，箍头线、枋心线、皮条线和岔口线必须是上下相对，取其一致。工匠有“串上箍头线，对上岔口线”之说。因此，必须首先规划大线。箍头的宽度要根据构件大小而定，副箍头宽度要小于箍头宽。枋心头要顶住三停线，然后画岔口线与皮条线。其斜度在30°左右。岔口线由枋心头的三停线往外规划。皮条线由箍头线往里规划。当中部位为找头。这样在整个梁枋长度上枋心占了$\frac{1}{3}$，箍头、找头占了$\frac{2}{3}$。这一点在旋子彩画构图中是不可变动的。因而工匠口诀在三停线内规划中有“里打箍头外打楞”之说。

找头内画旋子花纹，其繁简程度要视岔口线和皮条线之间旋花规划线以内的面积而定。以皮条线两边的空地的宽窄为标准，划分等份。一般大约三份的画“狗丝咬”。四至五份的画“喜相逢”。六份的画“一整两破”。七份的画“一整两破加一路”。七份半的画“一整两破加金道冠”。八份的画“一整两破加两路”。九份的画“一整两破

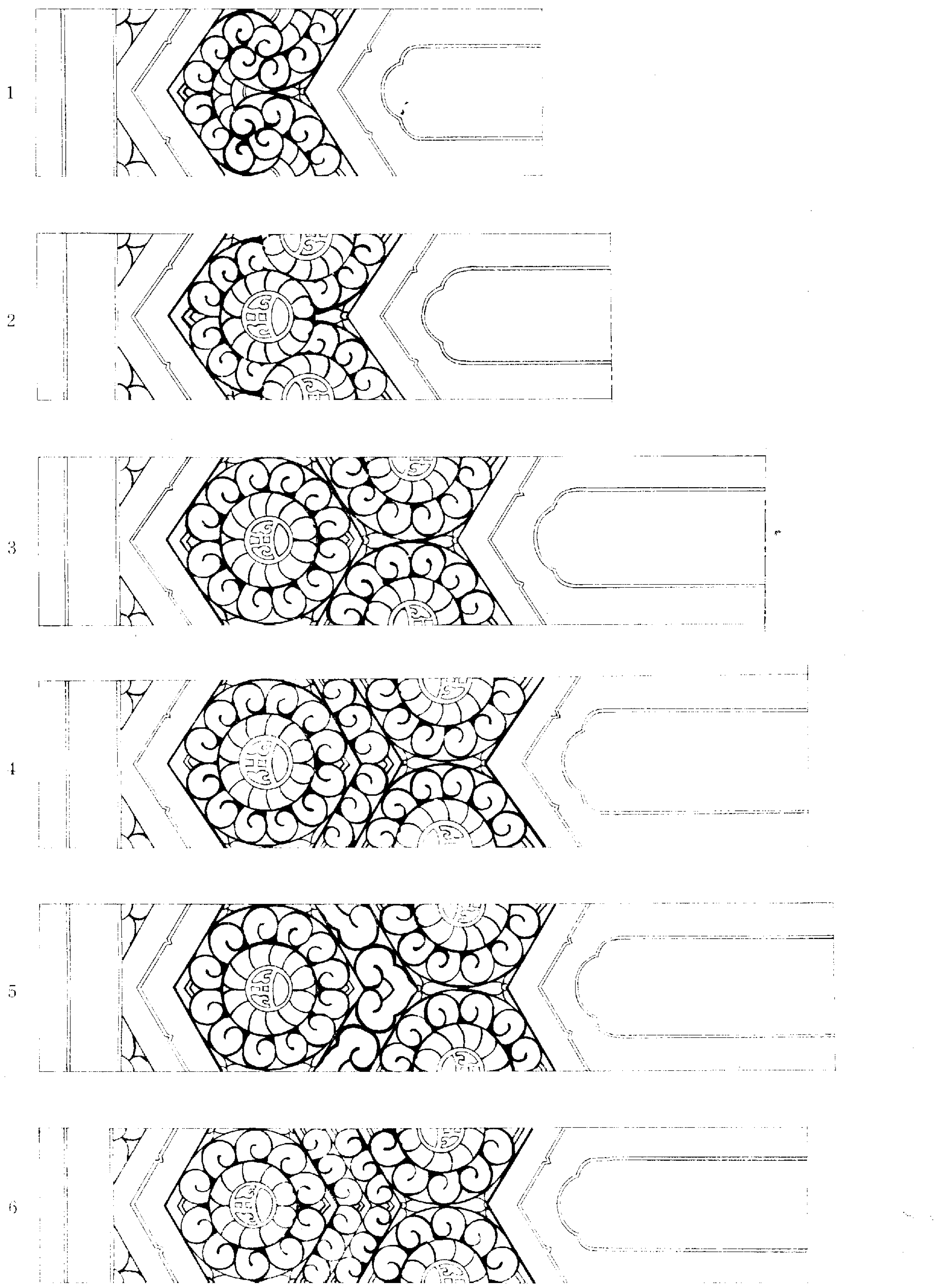


图9-2-10 旋花变化示意图

1.勾丝咬；2.喜相逢；3.一整两破；4.一整两破加一路；5.一整两破加金道冠；6.一整两破加两路；7.一整两破加勾丝咬；8.一整两破加喜相逢

加狗丝咬”。以此类推（图 9-2-10）。

木件过长者，采用加入盒子的办法将找头面积缩小，可使旋花图案紧凑。加画盒子只要一个木件上加，上下一组木件都要加，以使各锦枋线都能对上口。

盒子分软盒子和死盒子两种。两条箍头之间若画一个弧形边框者，称软盒子。一般较高级的旋子彩画多用之。内画升降龙、夔龙、夔凤、轮草、异兽等。要根据彩画的制度来选择内容。若用直线规划成栀花的为死盒子。死盒子又有整破之分，画一个四方型的整栀花为整，用对角线分开，每角画$\frac{1}{2}$栀花的为破。

死盒子做法还有一种用旋花纹绘成的，紧凑华丽，也有整破之分。

（4）平板枋起谱子：平板枋（座斗枋）在旋子彩画中一般画“降幕云”，或切“小池子半啦瓢”。

降幕云是由一种云纹变化而成的图案，用青绿颜色叉开成升降之势。它的构图方法是，宽根据座斗枋的宽，长根据座斗枋上斗栱间距以两攒斗栱之间坐斗中线之距为准。有的建筑斗栱之间距离不大一样，所以，在配纸起稿时要注意，务使当距匀称。

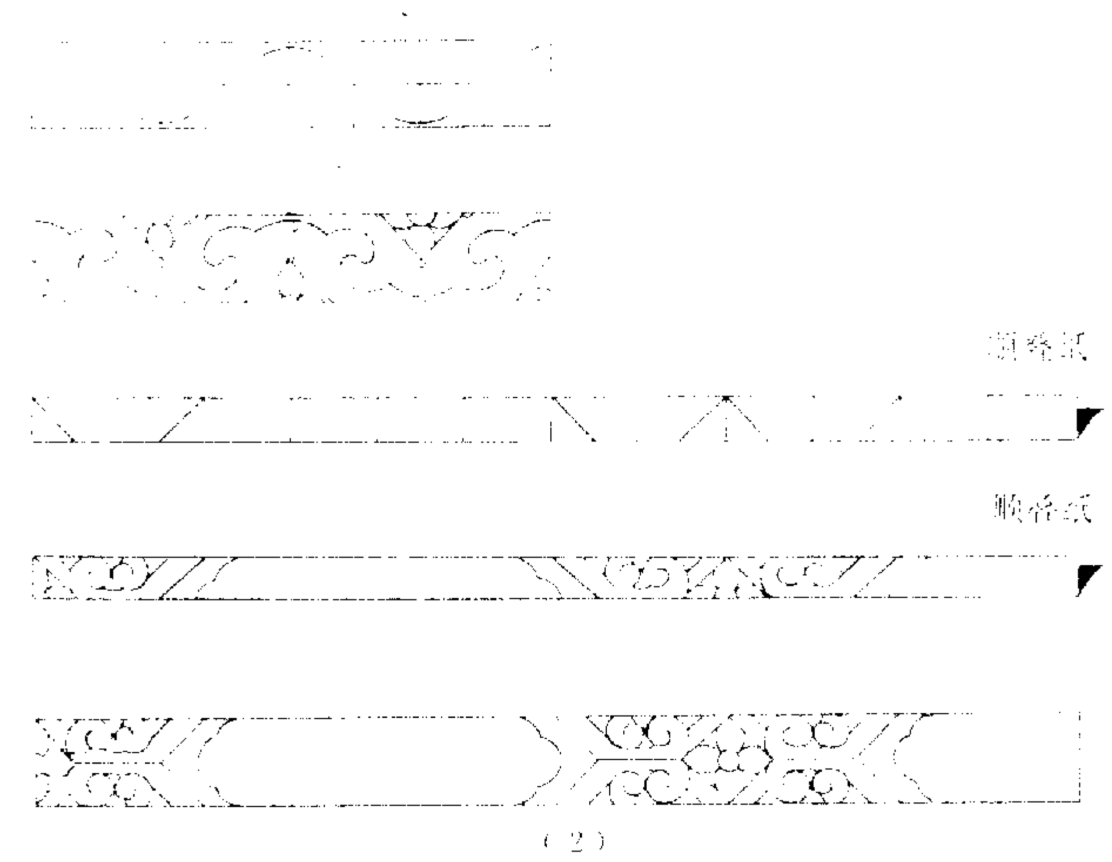


图9-2-11 降幕云、小池子半啦瓢图案起绘法

（1）降幕云起稿要丈量平板枋上两攒斗栱座斗中线间距。然后根据它的长宽配纸起稿；

（2）平板枋画小池子半啦瓢图案，要按每间枋长的$\frac{1}{2}$配纸，将纸顺叠后打上格子，安排池子与半啦瓢图案。

降幕云起谱子的规矩是：每间的柱头上一定要有个栀花，每个斗栱坐斗下要碰上升起的云头。云头中线正好是坐斗的中线。建筑物的四角转折处，霸王拳上的座斗枋迎面，不论长短如何都要画一个整云头，以加强整体的美感。（图 9-2-11）。

“小池子半啦瓢”是由栀花和二组旋涡纹相互组成的图案，间隔分出小池子。构图方法是：配纸按全枋长的$\frac{1}{2}$配成。起稿规矩是：对着柱头正中一定也要有个栀花，到角科的转折处，平板枋迎面一定要放置一个整池子。每间布置三至五个小池子不等，视间量的大小而定。

（5）垫额板起谱子：如画“小池子半啦瓢”，起谱子的方法基本上同平板枋，只是左右两边加

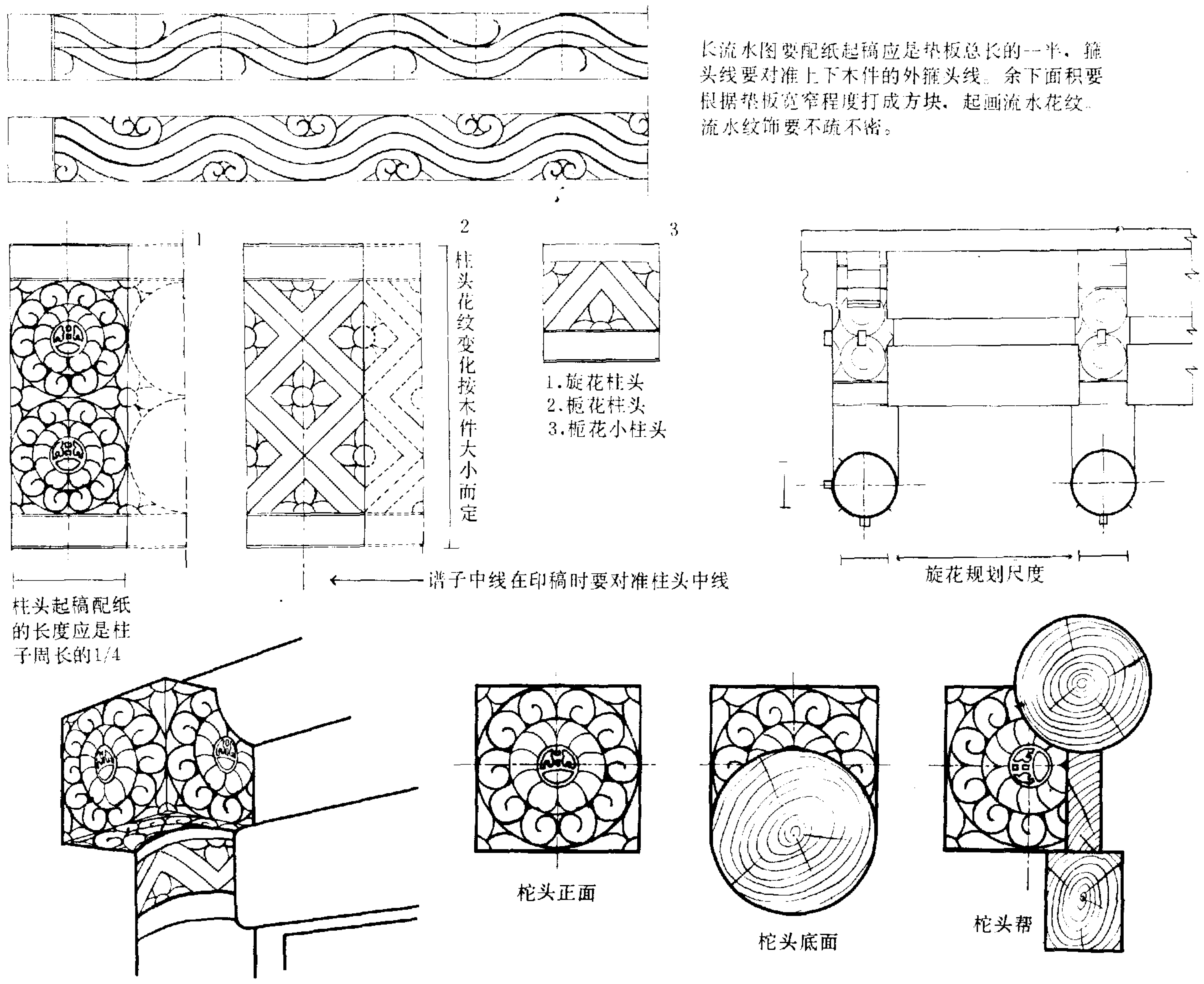


图9-2-12 垫额板、柱头、柁头图案起绘法

画箍头，无论木件多长也不准加盒子，箍头要对准上下木件最外的一条箍头，当中颜色要随上木件的安排。小池子可画三至五个，成单数，以便于颜色的相互调换。但平板枋如采用小池子半啦瓢，垫额板就改用其他作法以免重复。在旋子彩画中，垫额板还有其他三种画法：满刷银朱红（名曰“腰带红”）、长流水旋花图案、法轮草或吉祥草。

长流水的构图是平行三道水纹曲线，上下相差的地方顺着水纹线画一双双的流水浪花，如旋花状。清旋子彩画中的“雅伍墨”做法多用之。（图 9－2－12）。

（6）柱头、柁头起谱子：柱头、柁头起谱子方法同找头的原理，瓜柱与柱头一样处理。无论是栀花柱头还是旋花柱头都要本着一个找方求圆的规则。栀花柱头也要做成一整两破。

柁头正面的旋花纹，花瓣要由上往左右旋转。柁头仰面和侧面要由向外的一面分左右往里旋转。

（7）各种草纹图案的起谱子：草纹的种类繁多，起稿时根据所绘制的部位来选定，弯转自如，摆布均称。起稿前要明确彩画的不同制度，片金作法则花纹窄，加晕或攒退做法则纹路较宽。在起稿过程中还要注意花纹在翻卷中，花纹图案地的疏密均匀一致（参看带有草纹图案的彩图）。

有关各种龙的起绘法详见和玺彩画。

（四）旋子彩画的等级类别

旋子彩画有多种作法，根据用金量的多少，花纹色彩的繁简分为：金线大点金，墨线大点金，金线小点金，墨线小点金，石碾玉，金琢墨石碾玉，雅伍墨，雄黄玉1）和大点金加苏画。上述各类都有它一定的制度，参看“旋子彩画做法分类表”。

四 和玺彩画

和玺彩画2）明清以来多用于宫殿建筑。作为皇权象征的各种飞龙翔凤是这种彩画中最突出的题材。它是一种高级彩画，属于“上五彩”的做法。在青绿地色上为了加强彩画的细腻协调而采用退晕手法，用大量沥粉贴金，色调浓重富丽，突出了金碧辉煌的气氛，以显示封建帝王的尊严。

和玺彩画的特点是：各部位的规划线都采用直线条的几何形。画面中各种姿态的龙、凤用得最多。这种彩画的图案布局也是将整个梁枋分为三段——中间为枋心，两端为箍头，枋心箍头之间为找头。找头的外侧画多边龟背纹形的几何图案，和玺彩画上称之为“圭”。区别各部位的线路从边至中为：箍头线、正圭线、皮条线（又称圭浅光）、找头圭线、岔口线、枋心线。

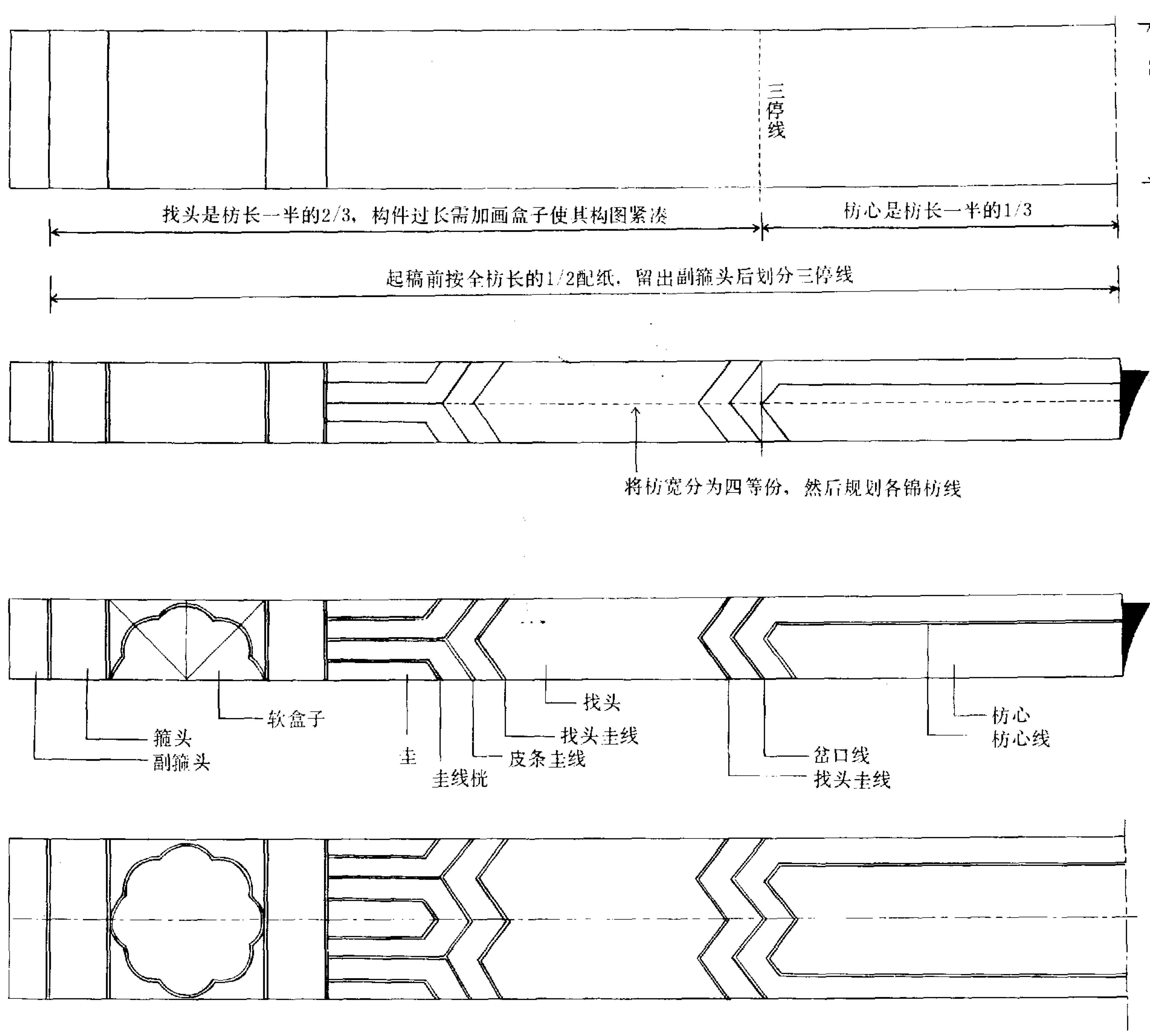


图9-2-13 和玺彩画规划线部位示意图

1）“雄黄玉”即《工部工程做法》中的黄三色伍墨。它是以雄黄、樟丹颜色为主的一种彩画，有较好的防蛀、防腐性能，一般用于官内库房。

2）“和玺”一词原为“合细”，《工部工程做法》称为“合细伍墨”。

旋子彩画做法分类表

彩画部位 / 作法 / 旋子彩画分类	锦枋线（五大线）	旋眼栀花心	梭交地宝钊头	旋花瓣	枋心	盒子	斗拱	垫拱板	压斗枋	平板枋（座斗枋）	椽头	箍头	角科宝并
雅伍墨	墨线	青绿颜色	青绿颜色	青绿颜色墨线拘黑开描	青绿地仗，画一字枋心。二绿、樟丹地仗画攒退夔龙或卷草	死盒子（栀花盒子）	青绿颜色墨线边	红地子墨线边	青颜色墨色大边	青颜色墨线大边	飞檐椽头黑支花万字。老檐黑龙眼宝珠	死箍头	丹色切活
墨线小点金	墨线	沥二路粉贴金	同上	同上	同上，二绿、樟丹地仗也可画黑叶花卉	死盒子或软盒子，软盒子图案同枋心	同上	红地子墨三宝珠，或攒退把子草	同上	青绿颜色再降幕云。栀花心贴金有晕色	同上	同上	同上
墨线大点金	墨线	沥二路粉贴金	沥小粉贴金	同上	沥小粉片金龙锦	沥小粉片金龙草或白地仗上画异兽	同上	同上加晕色	同上加晕色	同上	同上	同上	同上
金线小点金	沥大粉贴金.	沥二路粉贴金	青绿颜色	同上	二青、丹地画攒退夔龙。绿地画黑叶花卉	活盒子盒子图案同枋心	同上	三宝珠金火焰，或把子草	沥大粉金线拉晕色	沥大粉、金线降幕云或栀花半啦瓢有晕色	沥粉贴金万字或龙眼宝珠	金线拉晕色死箍头	丹地沥粉片金草
金线大点金	同上	同上	沥小粉贴金	同上	沥小粉片金龙锦	活盒子、片金龙、草或白地仗上画异兽	青绿颜色边沿贴平金	金线三宝珠	同上	同上	同上	同上	沥小粉满贴金
石碾玉	同上	同上	同上	青绿颜色拘黑加晕色	同上	同上	青绿颜色平贴金加晕色	同上	同上	沥大粉金线降幕云有晕色	同上	贯穿箍头	同上
金琢墨石碾玉	同上	同上	同上	沥二路粉贴金青绿颜色加晕色	沥小粉贴金加攒退，龙锦枋心	活盒子攒退龙草沥小粉贴金或画如意盒子	沥大粉边沿和老贴金，青绿颜色加晕	同上	沥二路粉片金工王云	同上	同上	同上	同上
雄黄玉	满刷丹地拘黑，旋花中用三青、三绿拉晕色					死盒子（栀花盒子）	同雅伍墨	同雅伍墨	同伍墨雅	同伍墨雅	同雅伍墨	死箍头拉晕色	同雅伍墨
大点金加苏画	除枋心盒子外同金线大点金				按苏式彩画白活成作	按苏式彩画白活成作							

(一)和玺彩画的起稿程序

（1）丈量、配纸：这两道工序同旋子彩画。

（2）大木梁枋起谱子：将配纸留出适当的副箍头后，对摺顺叠分三停后，画箍头规划线。箍头的宽度要一致，以下额枋为准，上下木件相串。各部位大线上下相对。

和玺彩画锦枋线的规划方法是：将谱子纸宽分为四个等份后，找出枋心头。枋心头的位置顶上三停线。然后再规划岔口线。找头内圭线光所占找头面积以$\frac{1}{3}$强为适当。圭画成一整两破。里面以西番莲、灵芝、菊花等图案装饰（图9-2-13）。

梁枋的长短宽窄面积不等，对于找头的处理便有所变化，但它的变化不同于旋子彩画。找头长者可采用加画盒子的办法，构件长的盒子可横长，短者可竖高。再者，找头长者可画两条龙与一龙一凤，短者只画一条龙或一只凤。

（3）箍头、枋心、找头、盒子内的花纹处理：

箍头：除青绿退晕的一种死箍头外，根据彩画的不同等级，有“贯穿箍头”、“锦地汉瓦箍头”、“西番莲箍头”、“长圆寿字箍头”和“平安吉庆箍头”、“福缘善庆箍头”等多种，统称活箍头（参看各种彩图）。

枋心：和玺彩画的枋心根据不同类别可画“二龙戏珠”、“双凤朝阳”、“龙凤呈祥”或是西番莲、轮草、佛梵字等。

找头：可画升降龙、翔凤、轮草等。

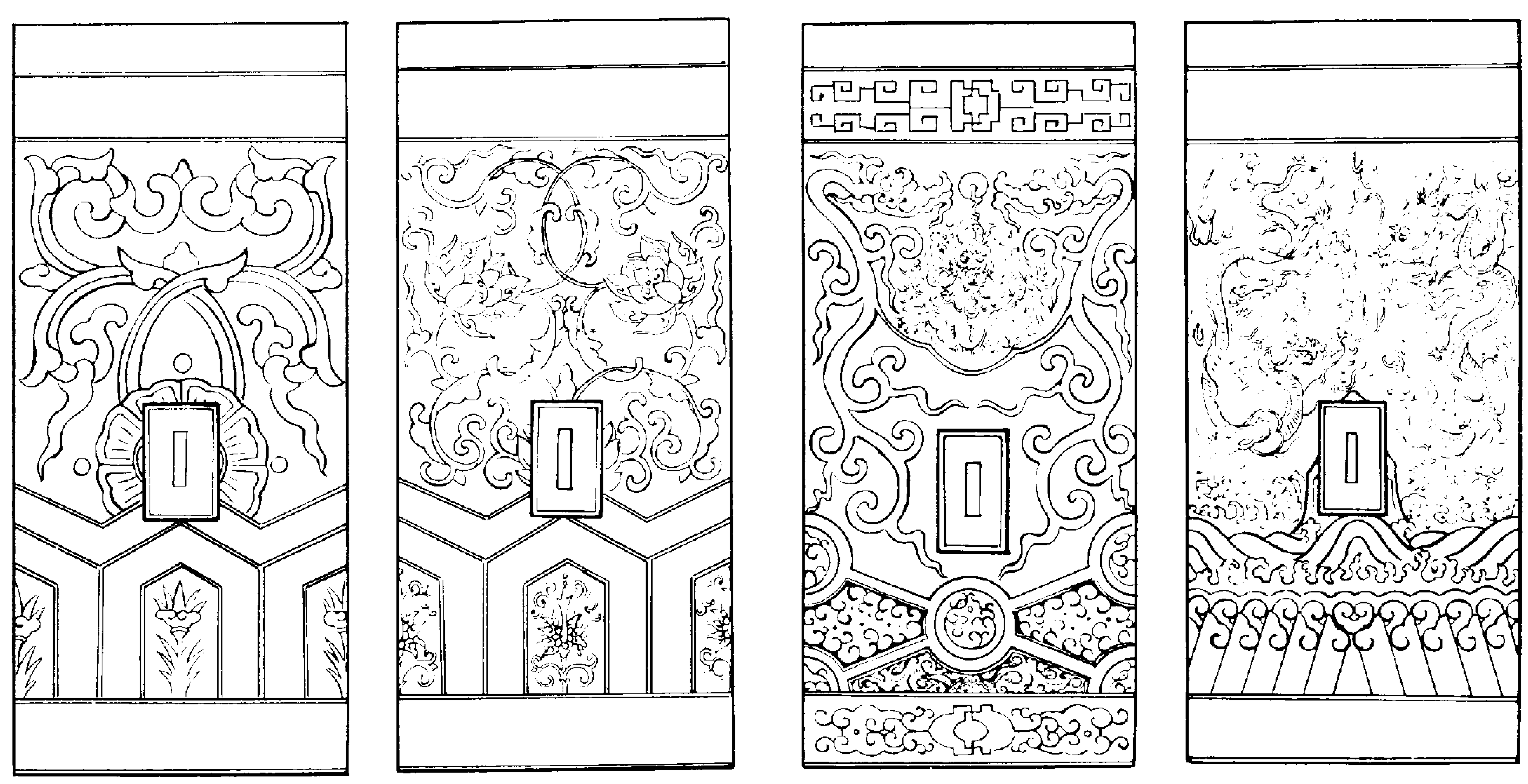
盒子：多画升降龙或坐龙，也可画“丹凤朝阳”、夔龙、夔凤、西番莲卷草及轮草。盒子里如果画龙，龙尾须朝枋心。里面如画凤，凤尾须朝箍头。

（4）压斗枋、平板枋起谱子：压斗枋画“行龙宝珠”或“工王云”。前者画法是：先在明间压斗枋上的中线起，画一颗宝珠。左右各画一龙，头向宝珠。往下一珠一龙顺序而画。“工王云”的画法是：以工字和王字形的云纹隔一相调为装饰。以联贯紧凑为妙。

平板枋与压斗枋的图案要叉开做。除上述两种图案外，还可画“红莲献佛”，或片金西番莲，流云等图案。再工细者可画绵文加切小池子。

（5）额垫板起谱子：根据彩画制度，额垫板上的图案一般画“行龙宝珠”，构图方法同压斗枋。也可画“龙凤呈祥”（一条龙，一只凤加作染的牡丹花），或吉祥草、佛八宝、海八宝等题材。

（6）柱头起谱子：先规划上下两条箍头，然后在下箍头上端画圭和圭线光，构图方法同找头一样，也是一整两破，然后在剩余的空地上画坐龙、翔凤、轮草、番草等。如要富丽，可加画立



1　　2　　3　　4

图9-2-14　和玺彩画部分柱头图案

1.轮草柱头；2.番草柱头；3.夔龙切锦柱头；4.立卧水柱头

1）《工部工程做法》中只有“合细伍墨”一项，即：“金琢墨和玺”，其他统属于和玺彩画的分支。

和 玺 彩 画 作 法 分 类 表

彩画部位 / 作法 / 和玺彩画分类	锦枋线（五大线）	枋心、找头盒子内花纹	箍头	压斗枋	平板枋（座斗枋）	垫额板	斗栱	垫栱板	肚 肱	椽头	蚂蚱头、角梁、霸王拳	角科宝瓶
金龙和玺	沥大粉贴金	各种升降座龙皆沥小粉贴片金	活箍头画西番莲草，或画贯穿箍头或画死箍头	青地工王云、金边加晕	青地跑龙宝珠。或画工王云纹	银珠油地画降杆草吉祥草	青绿颜色平边贴金	银珠油地画火焰三宝珠或坐龙	沥粉贴金退青晕五至九道	飞檐金万字老檐金龙眼或寿字、佛子	沥粉西番莲草贴片金、或沥大粉压金老、金边	沥小粉满贴金
龙凤和玺	同 上	青地画龙、绿地画凤、皆沥小粉贴片金	活箍头画夔蝠、片金、西番莲草或死箍头	同 上	同 上 也可画龙凤	画行龙或跑龙、跑凤	同 上	同 上	同 上	同 上	同 上	同 上
龙草和玺	同 上	青地改为丹地画草、青绿攒退或四色攒退	活箍头画西番莲或死箍头	同 上 也可以金线压老加晕色	工王云或流云	青地改为丹地同枋心	同 上	同上，也可画攒退卷草	同 上	同 上	金边、金老	沥小粉丹地片金
金琢墨和玺	同 上	提地刷色，花纹同上。但皆沥小粉单粉贴金内作五色攒退晕	画贯穿箍头或夔蝠、攒退西番莲、汉瓦、沥粉单线贴金	金琢墨八宝、西番莲草	同压斗枋	金琢墨的雌雄草	沥大粉贴金加晕色	红莲献佛、画龙同枋心	同 上	同 上	攒退西番莲草沥粉贴金	沥小粉满贴金或金地攒退草
和玺加苏画	同上述和玺作法，将枋心、盒子、池子内的龙锦去掉，满刷白地按苏画白活成作											

卧水牙。柱头画龙，龙尾要向每一间的枋心。柱头画凤，头尾都向每一间的枋心（图 9－2－14，15）。

（7）柁头、霸王拳、角梁等部位起谱子：柁头、霸王拳等部位彩画，是将此拓下来的木件实样按各种彩画内容画西番莲草或轮草。简便一些的只是当中沥大粉贴片金，名曰“压金老”。

仔角梁头是套琉璃的兽头，因而仔角梁的仰面要显示出套兽的肚皮。此项彩画叫“肚眩彩画”。起稿方法是：将梁底面的宽分为四个等份，在四等份中规划眩纹。然后根据梁的长短程度分为五、七、九道的单数，以佛青退晕。是否沥粉贴金，要按彩画的等级来确定（图 9－2－16）。

（8）其它：宫殿彩画多以各种纹草和形态不同的龙、凤作为装饰题材，这些花纹的构图都是相当精细的。在绘制起稿中，既要有统一性，又要有灵活性。根据所在部位面积的大小、尺寸可以变化伸缩。要使所绘制的花纹线条流畅、疏密合适是最主要的。

如画龙，多年的能工巧匠们把他们的经验用歌诀的形式表达出来，使人易于掌握绘画的要领。画龙的面貌是：“牛头、鹿角、蝦眼，鹰爪、鱼鳞、蛇尾巴”。画龙的各种动态是：行如“弓”，坐如“升”，降似“闪电”。也就是说，跑龙和行龙要成“弓”字形；坐龙要成“升”字形；降龙如同闪电的光等等，以显示出一种活灵活现的神态。

在不同部位画不同姿态的龙，又有“三弯九



图9-2-15 金琢墨龙凤和玺彩画



图9-2-16 肚贤椽头彩画



图9-2-17 升龙

曲”的定位法，和“两角”、“六发”、“十二脊”的规定。宝珠也有“七珠”、“九环”、“三朔火”的规定（图 9-2-17)。

(二)和玺彩画的等级类别

和玺彩画的种类繁多，从图案内容上来区分有：金龙和玺、龙凤和玺、龙草和玺、金琢墨和玺[1]。在明末清初时，也曾经出现过锦草和玺（图 9-2-18）。

每种和玺都有它一定的做法和制度。(参看和玺彩画做法分类表)。

(三)梁枋彩画的串色制度

以每个建筑物的明间上檩的箍头为准，一律刷青色。额枋的箍头与上檩箍头相反，一律刷绿色。下枋子同上檩一律刷青色。这在彩画制度上叫做“上青下绿”。无论哪一类彩画，刷色时都要严格遵守这个规矩。然后，以一个木件的箍头颜色，分左右往枋心相隔地串色，使青绿两色叉开。这样大木彩画的颜色就形成:“青箍头、青楞、绿枋心”和“绿箍头、绿楞、青枋心”了。到次间时则完全颠到过来，成为“上绿下青”。稍间又同明间一样，以此类推。

照上述制度，旋子彩画以明间上檩为例，它的色调形成：青箍头、青栀花，青楞、绿枋心旋花瓣按层次青绿互换。

和玺彩画以明间上檩为例，它的色调形成：青箍头、青线光、青找头、青楞、绿枋心。

颜色的相叉还要吻合构图的变化。例如：加画“死盒子”，在青箍头之间就要画个“整盒子”，绿箍头之间就要画个“破盒子”。这在彩画构图和刷色制度上称为:“整青破绿”。如加画“软盒子”，那么，青箍头之间的盒子角要用绿颜色。盒子心刷青色或白色。绿箍头之间的盒子则与此相反。

和玺彩画中找头、盒子里画龙要按照当中的颜色而定。青地上画升龙，绿地上画降龙，在彩画制度上称为:“升青降绿”，不能随意改变。如找头过于宽长，可画一升一降。

综上所述，大木梁枋彩画在颜色和图案的安排上有三条规则。即：①上青下绿，②整青破绿，③升青降绿。这三条规则，在其它地方也不能违背。如柱头的上下两条箍头要上青下绿。座斗枋的“降幕云”也要按上青下绿刷色。枋心内画宋锦、串色中也要按整青破绿或上青下绿刷色。枋心内画宋锦、串色中也要按整青破绿或上青下绿来安排。

五 苏式彩画

苏式彩画是构图较为活泼的一种彩画。明清之际皇室和士大夫阶级在北京等地大举兴修园林。由于江南造园艺术的发展，江南工役源源不断地到京中服役，使北方的园林艺术深受江南风格的影响，北方园林中的彩画也就在这一影响下逐渐产生了独特的一派。当时清宫内又设有“如意馆”。馆中绘工、雕琢、玉器、装裱帖轴诸作莫不具备。内府拥有大批精于专业的技师，那时就有不少高明的画工在如意馆里供职。这些工匠的艺术成就对于北方园林苏画的发展，从题材到风格都起了相当深刻的影响。



图9-2-18　北京牛街清真寺彩画

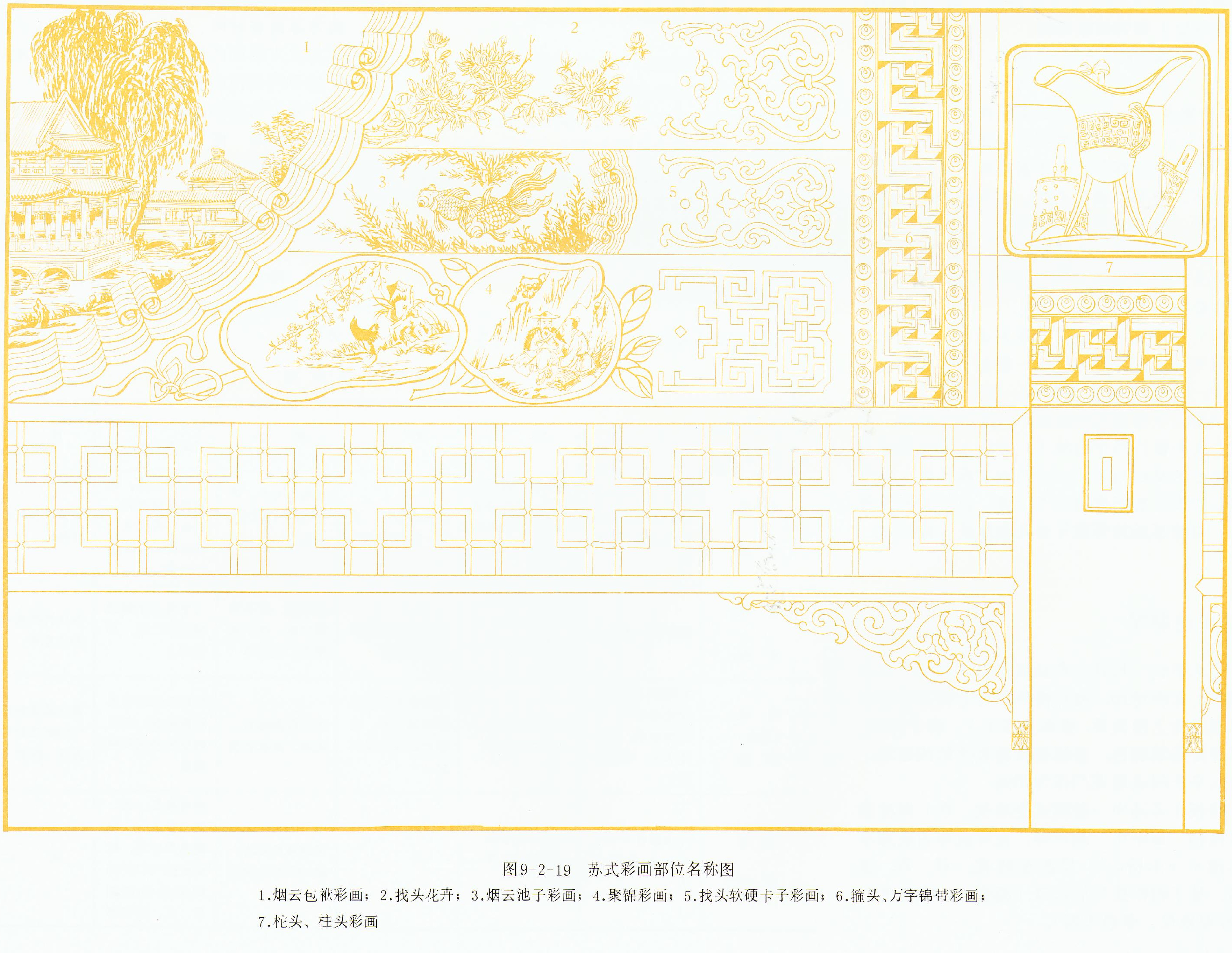


图9-2-19　苏式彩画部位名称图

1.烟云包袱彩画；2.找头花卉；3.烟云池子彩画；4.聚锦彩画；5.找头软硬卡子彩画；6.箍头、万字锦带彩画；7.柁头、柱头彩画

清康熙、乾隆年间又有西洋教士供奉画院，传入西方透视画的画法，对于当时园林彩画也起了一定的影响。

(一)北方苏式彩画的构图特点

北方苏画一般多用于四合房、垂花门、亭、廊、榭、平台建筑的挂檐等小型建筑上。

苏式彩画与宫殿彩画的区别，主要在整体布局上。它的枋心形式有两种：一种是在内檐梁架上，采用和旋子彩画一样的狭长枋心，构图、部位、名称同旋子彩画。一种是在檩枋上，将檩子、垫板、枋子三个木件连成一气，做成一个半圆形的枋心，画行称作"包袱"。包袱所占梁枋的面积根据木件的大小宽窄而定。

包袱的轮廓用折叠的退晕法来处理，加强图案的立体感，并突出包袱当中的画面。这种折叠退晕，画行称为"烟云"。烟云分软、硬两种，曲线条的为"软烟云"，直线条的为"硬烟云"。

找头当中的画活，则根据地仗的青、绿颜色加以变化。青色地仗的找头，常以各种动植物或静物的抽象外形为轮廓，配置在包袱两侧。内画山水、翎毛、花卉等，极为活泼，称为"聚锦"。绿色地仗的找头，当中常以各种黑叶花卉为题材，也有在绿地上做锦纹装饰的。

找头两端要绘制"卡子"图案，因地制宜，可繁可简，可长可短。卡子分两种：直线条见楞角的称为"硬卡子"，要放置到青色找头上。曲线条的称为"软卡子"，要放置到绿色找头上。

苏式彩画的箍头式样丰富多彩，可画各种回文、万字、寿字、汉瓦之类。箍头两侧还要加画两条带子，可画联珠、锦纹等。

柱头上一般画一条横箍头。

柁头一般画透视博古（古玩玉器之类）、山水或作染花卉（图 9-2-19）。

椽头有里外之分。飞檐椽头画万字、栀花、十字别等。老檐椽头和檩头一般画"百花图"（一个椽头一种花）。或者画蝙蝠、寿字等。

园林内平台建筑的挂檐，一般都作苏画。按间量的大小设计当中的池子，方法与梁枋彩画中规划枋心的原则相同。池子两端加画岔口，采用退烟云方法。加画聚锦与卡子者，也与梁枋苏画相同。挂檐苏画按等级可分几类做法（图 9-2-20）。

(二)串色制度

大木串色，与其它彩画制度基本相同，只是在细节上有所增加。如外檐明间的上青下绿箍头是以檐枋的上楞为界，檩和垫板为上，枋子为下。长廊等处建筑刷色，要视整体建筑的结构而定，一般以亭子间或垂花门作为明间。

垫板在苏画中一般刷红色地仗。在上做渲染爬蔓植物，如牵牛、葫芦等。也可画博古或加半个小池子（小枋心），里面画些花、草、鱼、虫之类。池子的作法分活岔口（画烟云）或死岔口（画青绿地仗、晕色大粉）。

卡子和连珠图案在用色方面，多施以小色。在使用紫色和香色时，要"青靠香色绿靠紫"。也就是说，青色的地子上要用香色，绿色的地子上要用紫色。目的是为了使颜色对比强烈一些。在做贯穿箍头和雀替彩画时，也同此原则。

烟云用色，要把黑、青、紫、绿四色隔间调开使用。烟云托的颜色又要同烟云颜色形成反衬效果。黑烟云要用紫托子，青烟云要用黄托子，紫烟云要用绿托子，绿烟云要用红托子。

苏画包袱的枋心，根据清工部《工程做法》的记载，如做锦文图案装饰，多以水红、洋青、香色或紫色刷染地仗；有时满贴金箔，做浑金地仗。清晚期以后，枋心地仗则遍刷两道白色底子，在上面画山水、人物、翎毛、花卉等。画面内容在布局上要相互叉开。在画线法山水和金鱼时，要在刷底子色的同时，处理天色和水色，画行中称为"接天地"。底色干后，罩矾水一道，作画。

苏画聚锦内的底子色，与包袱内的处理方法相同。但多采用白色和旧纸色交叉使用。旧纸色是仿旧画的一种做法。

椙子串色，无论哪一种图案的椙子，椺花的里面统要掏刷粉红或丹色。外面用青绿两色或青绿香紫四色相叉刷色。

(三)北方苏式彩画的等级类别

清工部《工程做法》中，所列苏式彩画的名称主要是按照枋心内的画面主题而定。并不是按照苏画的做法制度来区分等级的高低。根据传统的习惯做法，可将苏式彩画大体分为四类。即：金琢墨苏画，金线苏画，黄线（墨线）苏画和海墁苏画。各类做法制度可参看"苏式彩画做法分类表"和彩色图（图 9-2-21）。

(四)苏式彩画的渲染技巧

苏式彩画在绘画人物、山水、花鸟等方面不同于在纸上或绢上作画。因为它具有自己独特的工作条件和环境。构图的章法和颜色的渲染都要和整组彩画的色调相一致，并要具备远观近看的两种效果。在这些方面，虽工匠之间各有特长，但渲染颜色的操作技法大体相同，分述于下：

（1）硬抹实开法：地仗底色罩好胶矾水后，用炭条或香头摊描画稿，用淡绿颜色勾画定稿后，再行渲染颜色，最后用墨线描图像。

（2）落墨搭色法：起好画稿后，即落墨。待墨干后再罩一遍胶矾水，然后进行着色。

（3）作染法：起好画稿后，落淡墨着色。干后罩一遍胶矾水，着色再染。每染一遍颜色都要罩淡胶矾水一次，以免"染花"。

（4）洋抹法：此种画法与西画同，讲究透视、明暗，清代晚期以后较盛行。

(五)南方苏式彩画

现存古建遗构表明，南方彩画以苏杭二州的园林建筑彩画和民间祠堂彩画为代表。其它如安徽等地的民间彩画，也各有其独特的成就。

南方彩画，从图案的布局、颜色的运用及工艺手法方面来看，地区性的特点非常显著，在艺术风格上与北方彩画有很大的差别。

南方苏画在材料、颜色的使用以及工艺的处理上，与北方彩画大体一致，只是因为各地条件和环境的不同而稍有变化。

由于南方气候多雨潮湿，建筑物的外檐一般不作彩画，彩画一般只用于内檐，外檐大多采用木雕和砖雕作装饰。

(六)南方苏画图案

梁枋、檩柁上多画锦纹、花纹紧凑细腻。从明清保存下来的彩画来看，五彩图案并不满布于整个梁枋上。

苏式彩画做法分类表

作法 分类 \ 彩画部位	卡子	箍头	椽头	柁头	包袱线烟云托子聚锦壳的处理	柁帮
金琢墨苏画	软硬卡子沥小粉、单粉条贴金五色小色叉齐攒退	画"倒里"的回文万字，或各种花纹攒退，皆沥小粉贴金，大线沥粉贴金	沥粉画福字、万字、方圆寿字等	画线法山水、博古，格子内做锦、金大边	三个烟云筒、包袱线硬软两种。烟云、托子线、聚锦壳大线沥大粉贴金	做锦和各种攒退活锦纹
金线苏画	沥小粉，做片金	大线沥粉贴金，画阴阳万字，回文做锦上添花、锦带	同上 老檐椽头或画金边的百花图	金大边、柁头掏刷三色，格子画博古、花卉等	二个或三个烟云筒硬软二种，其它同上	作染竹叶梅花或喇叭花等
黄线（墨线）苏画	无沥粉，不贴金，绿地红卡子，青地绿卡子，红地蓝卡子，行粉攒退	阴阳万字回文，黑地连珠锦带	老檐黄色万字或阴阳黑万字，老檐百花图黄线大边	黄大边画博古、花卉、山水之类	软烟云包袱线无沥粉贴金，所有规划线描画黄线两遍	紫色或香色地作"拆垛"法的竹叶梅花、藤萝花
海墁苏画	可画颜色卡子也可以不放置卡子	死箍头无金活，也可放置回文、万字	同上	青地黄色大边，做"拆垛"法的花	青地画红、黄、绿三色流云，绿地画黑叶花，红垫板画"拆垛"的爬挽植物如葫芦、瓜、葡萄等	同上

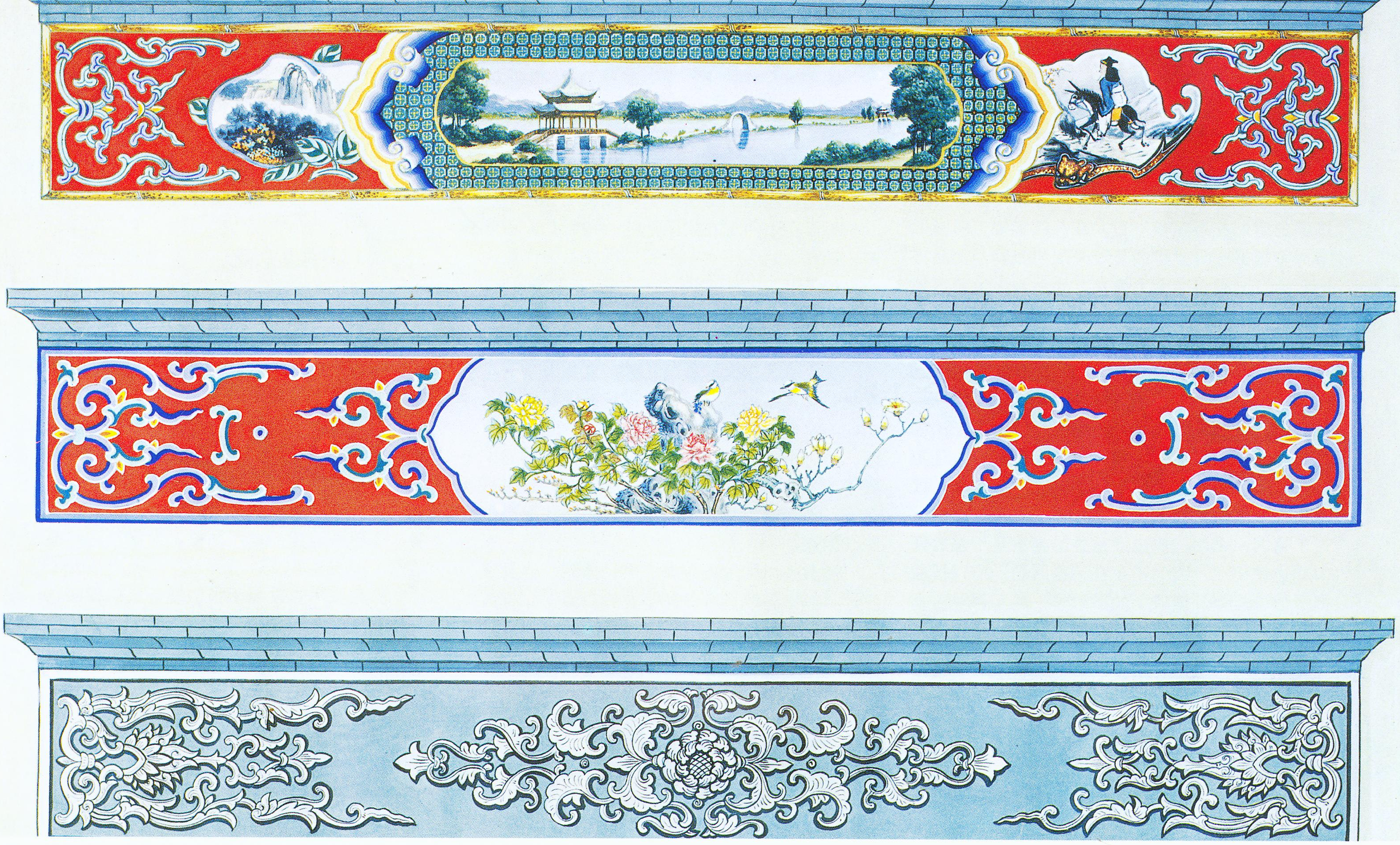
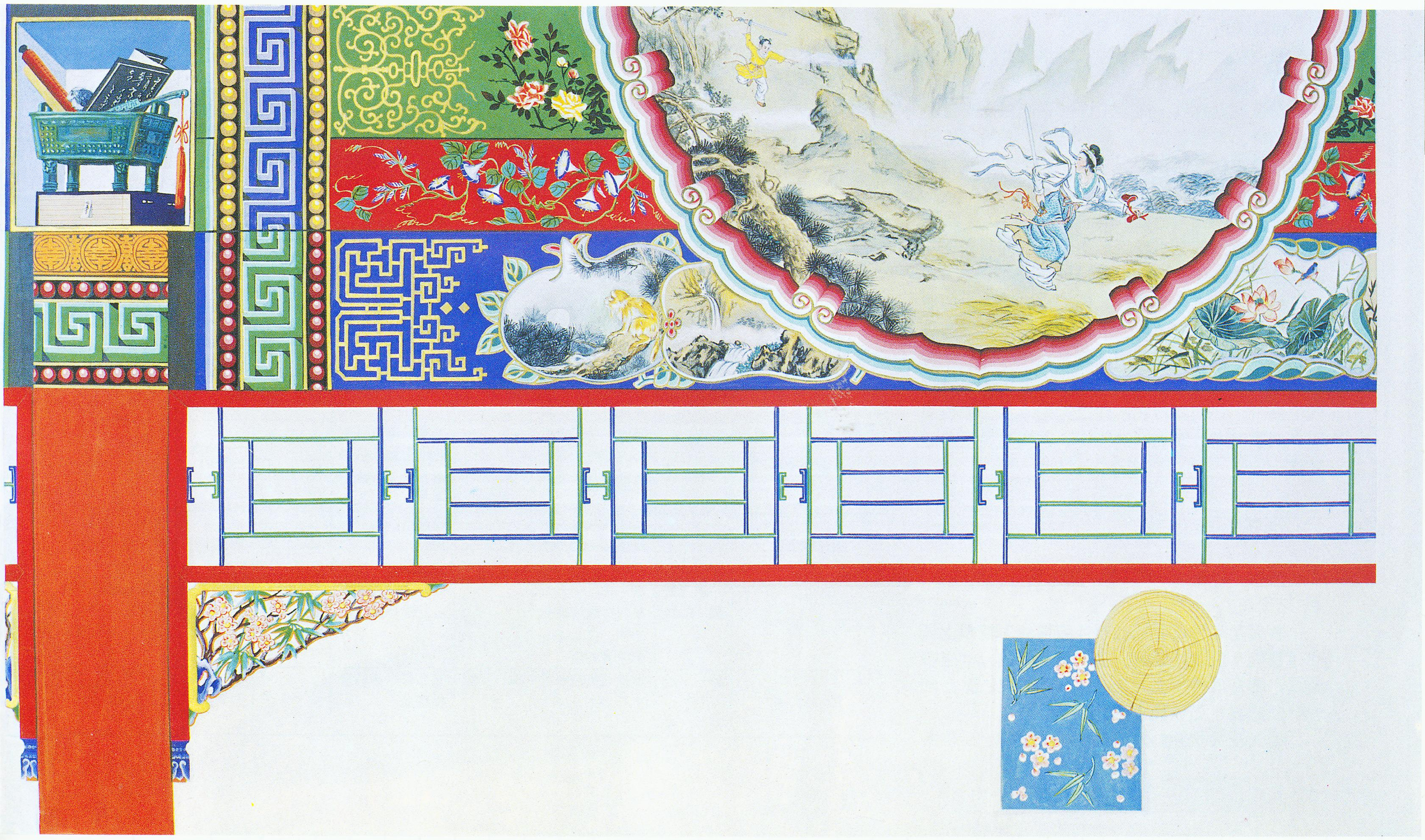


图9-2-20　苏式挂檐彩画

图9-2-21　金线苏画



江南苏画在整体构图的布局上，不搞生硬的对称形式，这是它的一个特点。对称的檩梁上，图案的型制并不完全一致。在一组梁架上彩画的布局多根据各自梁枋的长短来配制图案，而北方的彩画，必须对准上下箍头，而后再决定图案的安排。

南方苏画，在梁枋中部的图案称为“搭袱子”（即北方的“包袱”），在左右两端的称为“包头”（即北方的“箍头”），袱子和包头之间称为“地”（即北方的“找头”）。这种图案在不同梁檩上的安排是很别致的。如三裹柁的梁枋上搭袱子，是用一个方形包袱，从梁的底面沿两侧包裹起来。袱子的大小依柁枋的宽和高的尺寸而定，如果柁枋过于宽大，则用三块包袱重叠的构图至于左右两山的边柁枋上，因为不存在三裹问题，所以搭的袱子形成△型。檩条上的搭袱子一般采用对角菱型，也可以做成“堂子”（即北方的“枋心”）。

包头的做法也多种多样，其特点是不同于北方的固定线路做法，也没有主副箍头之分。

（七）南方苏画的工艺特色

南方彩画按上、中、下五彩来分等级，依其图案工艺的繁简和用金量的多寡来区别高低。（图9－2－22）（图9－2－23）

南方建筑，一般多选用硬质木料，所以画作的基层处理，只用油灰来填补裂缝，不做油漆地仗。

油灰用生漆调兑土子面，或用桐油调石膏，是上好的嵌填材料。

彩画调色，采用油色或水色。油色是将干颜料入油调兑。水色是干颜料入胶水调兑，胶水的比例与调配方法同北方。

花纹图案起稿，南方工匠一直沿用在梁枋上直接描绘，不另起谱子。起稿之前，先将要绘图案的部位刷白色地仗二至三遍，工匠术语称“衬地”，使其表面洁白光滑，以备图案着色。

南方彩画在用色方面的特点是色彩素雅明快，点金调色不突出线路，颜色串色使用亮调子的颜色较多，如：石绿、黄、丹等。

沥粉（南方称为挤粉）施工方法和产生的效果与北方是一致的。但使用的材料是以生漆为调合剂，并掺兑一定比例的香灰与光粉。这种材料的使用，适应南方的潮湿气候。生漆在潮湿的空气中易干，并使沥粉在木件上抓的牢靠。如使用北方的胶调或油满调制的沥粉，则很容易受潮后脱落。

六　天花彩画

天花一般分为三类，即：“软天花”、“硬天花”和“死天花”。

软天花是用高丽纸或双抄纸做的，纸须上板壁过胶矾水后才能使用。根据天花板的尺寸进行彩画，画好后托裱在天花板上即成。支条上的“燕尾”彩画也是同样方法。

硬天花是按井口大小配成一块块的活动木板，取下后按井口顺序编号，然后做油漆地仗、待干后进行彩画。

死天花是固定在梁架上的一种天花，不能摘取。做彩画时需同大木彩画一样在上面作业。

（一）天花彩画的起稿程序

天花彩画同大木彩画一样，首先大量天花板及井口、支条的尺寸，然后进行配纸起谱子。天花的图案造型是以一个方形内套一个圆型的构图，画行中称做“方圆股子”。起稿时先起这二个股子。当中的“风路”（即指边沿宽窄的意思）要适当。然后就根据方圆股子的大小，起画当中的花纹图案。

圆股子内的图案有龙、凤、团鹤、佛梵字、汉瓦、西番莲草或各种作染花卉。做法根据大木彩画的制度而定。

方股子内的叉角图案，要根据圆股子内的图案来定。一般来讲，圆股子内如画龙凤、叉角则画云头图案。圆股子内如画花卉，叉角则画夔龙、夔蝠、卷草等。

支条燕尾，一般画金轱辘三块云图案（图9－2－24）。

（二）天花彩画的等级类别

天花彩画的等级、作法要视大木彩画作法而定。有片金天花、金线天花、金琢墨天花、烟琢墨天花和无金的红线、墨线、黄线天花等多种做法。（参看天花彩画分类表）

（三）天花彩画串色制度

天花圆股内一般都刷青色地子。做法是先将设计好的花纹图案拍好谱子然后剔刷青地。这样做为的是不影响花纹色彩的艳丽。特殊做法也可刷其它颜色地子。方股内的地色刷二绿。方股外边刷砂绿，井口和支条刷绿色。

七　斗栱及椽头彩画

（一）斗栱彩画的类别

明清斗栱彩画，一般分为三种做法，随各种彩画的等级制度而定。

1.凡大木彩画属于金琢墨、石碾玉、金龙、龙凤各式和玺的，所有斗栱的边缘都要沥粉贴金，青绿地仗颜色上都要加晕色一道。

2.凡大木彩画属于金线大点金或龙草和玺者，斗栱的边缘一律不沥粉，只做平边贴金、无晕色。

3.凡大木彩画属于雅伍墨等低级做法者，则斗栱的边缘一律使用墨线（图9－2－25）。

垫栱板的外轮廓根据斗栱的做法而定。

（二）斗栱彩画的串色制度

斗栱全部以青绿两色叉齐。刷色的规则是以柱头科、角科为起点。就是以一间的左右二个柱头上的斗栱往当中串色，柱头和角科上的斗栱的升、斗必须是青色，昂、翘为绿色。赶至下一攒斗拱则颠倒过来，成为绿升斗、青昂翘。以此类推到中间后，逢单则单、逢双则双。

压斗枋的下口一律刷绿色，垫栱板的轮廓一律也刷绿色。垫栱板的心，一般刷朱红色与斗栱颜色反衬对比。

（三）椽头彩画串色制度

椽子和望板在古建油漆中一般都油成红色，而椽肚则油成绿色，与红色的望板成反衬。宫殿建筑有时在椽肚上施以彩画，并沥粉贴金，以示

天花彩画分类表

彩画部位 / 作法 / 天花种类	圆股子	圆股子内花纹	方股子	方股子内花纹	方股外边	井口支条	燕尾
片金天花	股子线沥大粉贴金	各种龙凤和花纹沥小粉贴片金	沥大粉贴金	叉角沥二路粉贴金、小色叉齐攒退行粉	砂绿颜色	刷洋绿开口、沥大粉贴金	沥粉金轱辘云作法同叉角
金线天花	同上	作染各种花卉或灵仙竹寿等图案	同上	同上	同上	同上	同上
金琢墨天花	同上	圆股内花纹沥小粉、单粉、贴金叉色后加晕攒退	同上	叉角云头或其它花纹上加晕色攒退、沥二路粉贴金	同上	同上	同上
烟琢墨天花	同上	圆股内花纹改墨线然后叉色加晕攒退	同上	改墨线作法同上	同上	同上	金轱辘沥粉开墨，其它同上。
玉作天花	一般无圆股子线	在二绿地子上用双勾白线勾画把子草、或夔龙、夔凤攒青色	红线	叉角花纹同圆股心花纹作法	同上	井口红线	燕尾轱辘改黄色攒香色或丹色，其它双勾粉攒。
其它	黄线或黑线	作染花卉或各种纹草	黑线或黄线	叉角云头墨线开描攒退	同上	井口墨线或黄线	同叉角

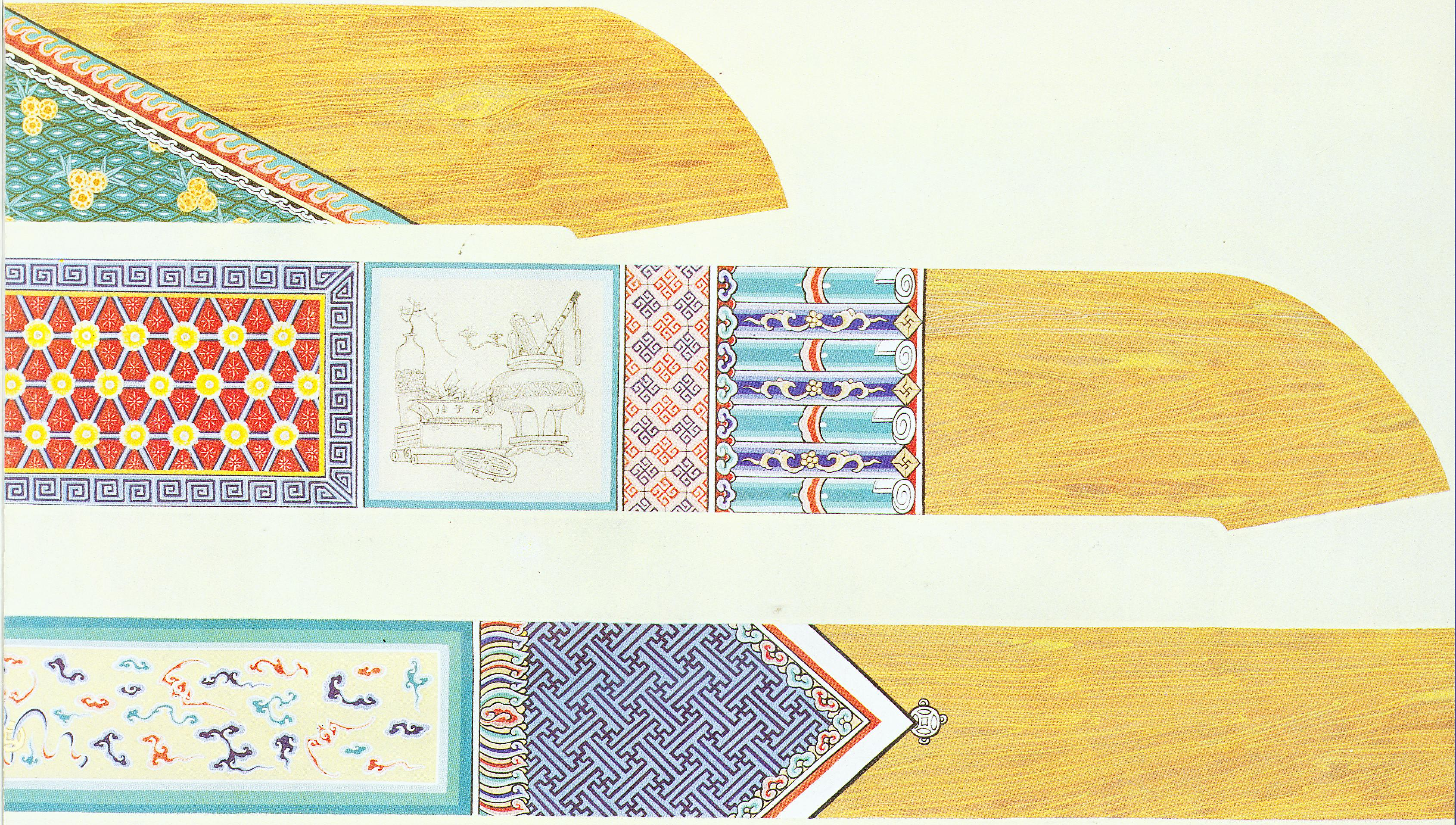


图9-2-22　南方苏画之一

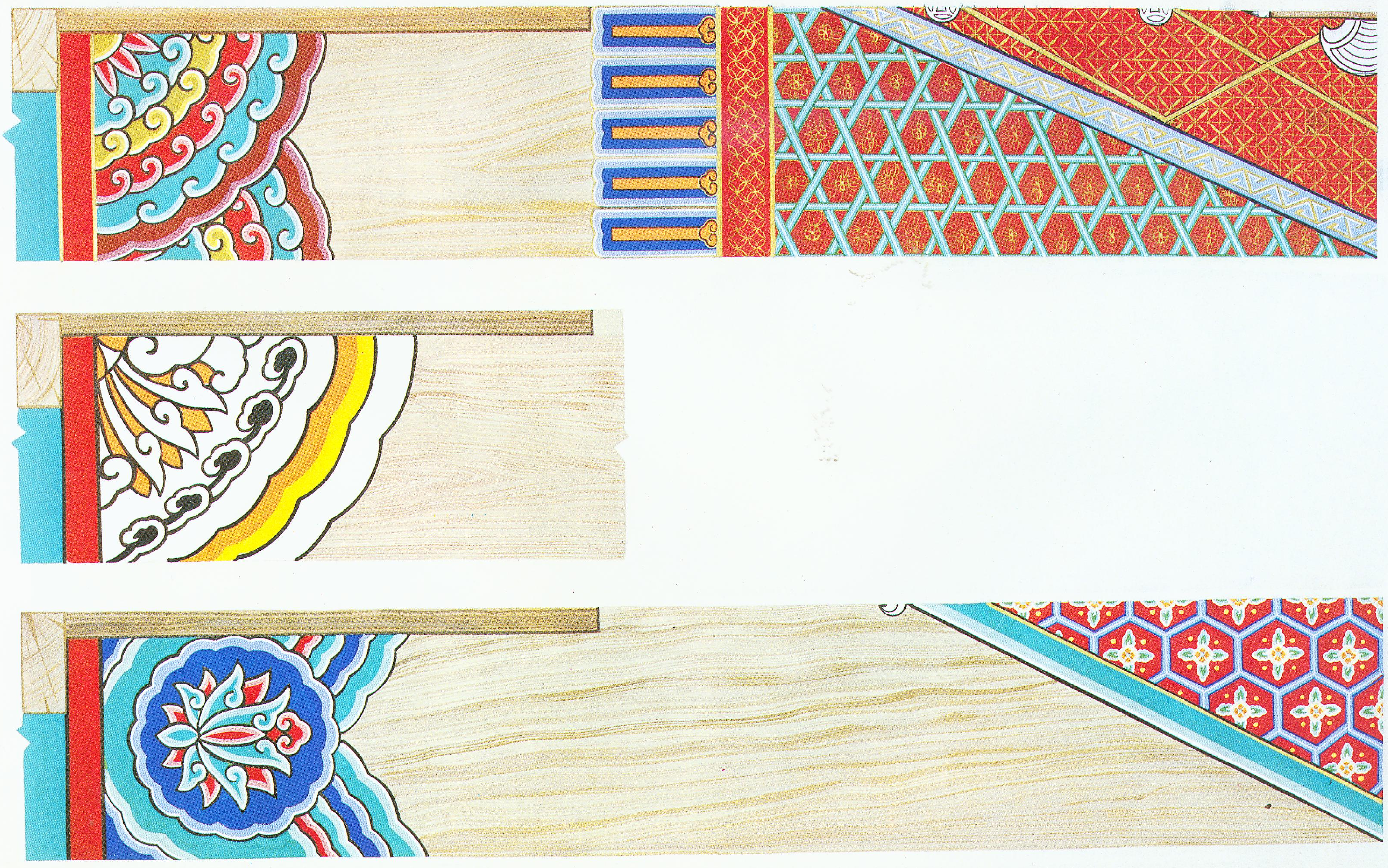


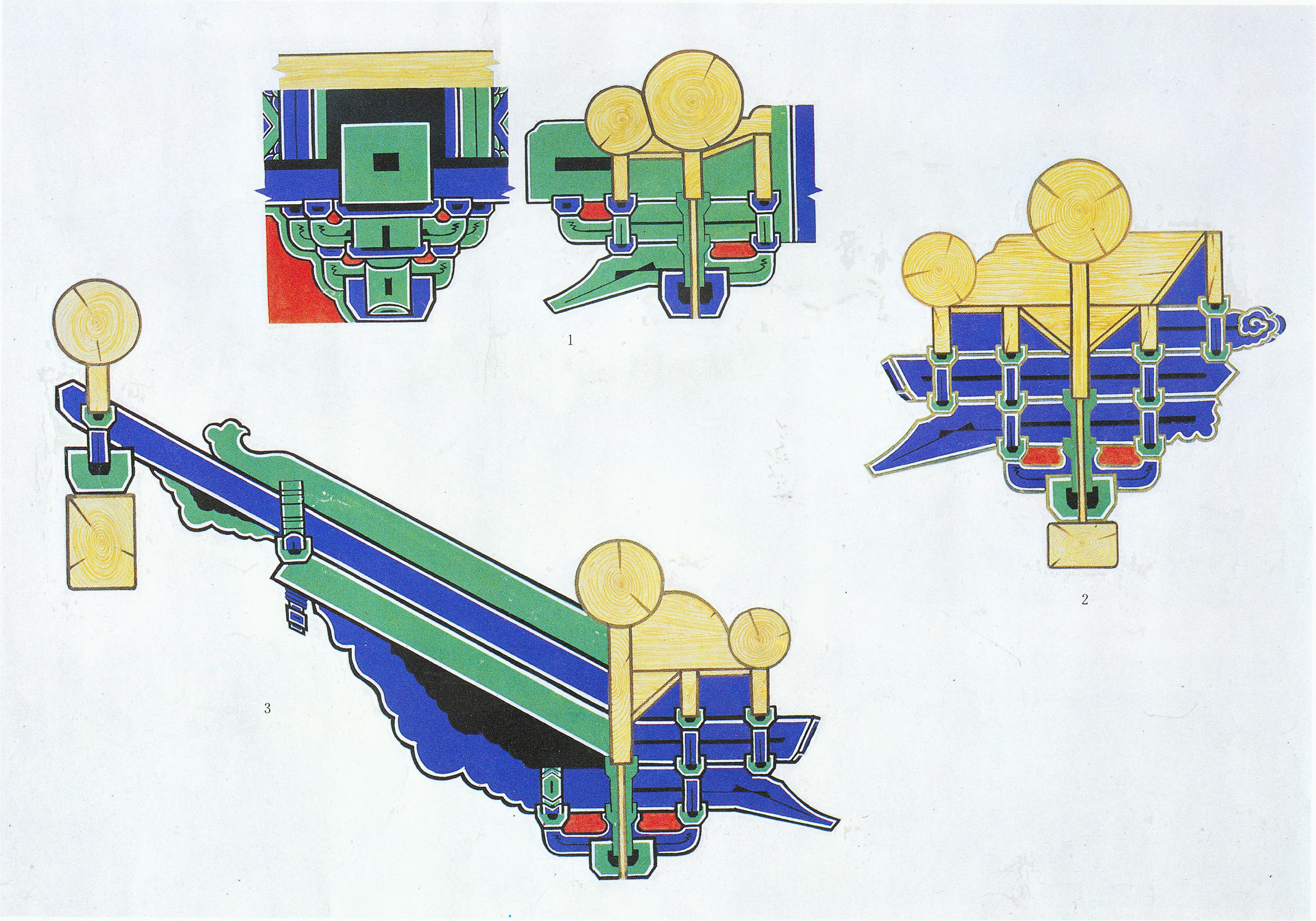
图9-2-23　南方苏画之二



图9-2-24 天花彩画

图9-2-25 金线、墨线斗拱彩画

1.三踩单昂柱头科斗拱彩画(正侧面) 2.五踩平身科斗拱彩画(侧面) 3.五踩溜金斗拱彩画(侧面)



华丽。如故宫内的乾清宫、交泰殿、钦安殿等就是例证。一般的只在椽头部位施以彩画。

老檐椽头（圆椽子）一般画圆寿字、汉瓦、夔蝠等，刷青色地子。殿式彩画中大多做成退晕的"龙眼宝珠"。青绿两色叉开，由建筑物的四个角起往中间青绿相调。檐角的第一个椽头必须是青色，因为它紧靠的角梁是绿色。至明间正中遇双则双、遇单则单。老檐如系方椽子、椽头画栀花图案，也需一青一绿地相调。

八 彩画颜料的物化性质及兑色方法

我国的建筑彩画，在用色方面具有自己的独特风格。在颜色的使用上要求"尖"和"阳"。"尖"是突出，"阳"是强烈。用色鲜艳明快，是建筑彩画的特点。

彩画所用的颜色，种类繁多。颜料的泡制在我国也有着悠久的历史，它是和我国的绘画、染织和文化的发展有着不可分割的关系。在西方化学颜料没有传入中国以前，所用颜料都是从矿物和植物中提取，颜色鲜艳，经久不变，一直是建筑彩画不可缺少的材料来源。

明清之际，对于绘画颜料的泡制，选择和施用方面，有许多文献记载，可资参考。如明宋应星的《天工开物》，清邹一桂的《小山书谱》、迮朗的《绘事琐言》等详细地叙述了中国画颜料的研漂、选择和使用方法。现将建筑彩画使用较多的矿植物颜料的种类和配兑方法，概述如下。

(一)矿物质颜料

中国银朱：古法水银提炼的为最好，通常使用的是佛山银朱，又可用一硫化汞替代。以颜色经晒不退色者为最佳。

漳丹：产于福建漳州，含一氧化铅，是把制作铅粉剩下的铅再加以火炒即得。

铅粉：成份是盐基性炭酸铅，过去把它制成银锭形，所以又称锭粉。立德粉也可代替。

赭石：又叫土朱，产于赤铁矿中，光滑细腻的为最佳。

石黄：产于湖南，又叫黄金石。

雄黄：是从黄金石矿里提炼出来的，色深发红丹色的为佳。

佛青：又名沙青、回青和天大青。产于西藏、新疆等地。

石绿：产于铜矿附近，我国多有出产。在洋绿未传入之前，彩画工艺中多使用石绿。

铜绿：经久不变色，古法采取铜板泡醋后薰烤而成。近代多用洋绿代之。

沙绿：产于西藏，色较深暗。

(二)植物质颜料

藤黄：海藤树流出的胶质黄液，颜色纯正。

胭脂：又名燕脂。是从红蓝花、茜草中提取出来的。

烟子：是竹子、松木烧制而成，以竹子烧制的为佳，又称南烟子。

墨：彩画中多用油烟墨。

花青：采用蓝靛制成，颜色经久不变。可用毛蓝、普蓝代之。

(三)颜色的配兑

建筑彩画的颜色配兑，所使用的媒剂有水、胶、蛋白液及桐油等。

1. 大色的配兑

所谓大色(即原色)，是指在建筑彩画上大面积涂刷地子的颜料，里面不掺白粉，是单纯的原色。

石绿、洋绿：调配时先将颜料倒入盆内，再徐徐注入开水，水凉后将水澄出，用石磨研细，兑入适当胶量即可使用。为了防止涂刷后颜色不均匀，有时还要加入少量桐油进行稀释。如用砂绿只须兑胶即可。

佛青：调兑时将颜料倒入瓦盆内，徐徐加入胶液，用木棒搅成团状，再加入适量清水调稀即可使用。

漳丹：漳丹内含铅量较多，调兑时须用开水冲二、三次，水凉后将水澄出，加入适量胶液即可使用。

锭粉：先将锭粉压细，再过细萝，倒入瓦盆内，加入胶液，用力搅拧，结成团块状，为使颜料更细，用手搓成条后，再用清水浸泡。使用时搅匀即可。锭粉的入胶量要以材料的使用要求而定。刷地子时胶量要大一些，再加一些过箩后的土粉子，可以加强颜色的覆盖力。

银朱：调配方法同佛青，但胶量要大一些。俗语说："要想银朱红，必须使胶浓"。但也不宜太浓，以防暴皮，年久脱落。

石黄、雄黄：调配方法同佛青，但比佛青胶量稍大一些。

烟子：调配方法同佛青，比佛青用胶稍大稍浓，因为烟子比重轻，入胶后凝合缓慢，要徐徐搅拌。

紫色：建筑彩画上用的紫色，是由二、三种大色调兑而成的。其调兑方法是：将入好胶的银朱，加入调配好的佛青即成。也可用广红土加佛青入胶调兑。紫色的色度以不强于其他大色为标准。

香色：也是用大色调配而成的。将配兑好的石黄，加入少量银朱和佛青即可。如颜色不"稳"，可稍加一点烟子，此色特点是"古香古色"。

以上各种颜色是建筑彩画中不可缺一的。历来工匠们在施工过程中，都习惯用编号的方式表示色别。目的是在串色过程中，简单、明确、不繁琐。在复杂的图案上，防止颜色刷错，事先将各部位的颜色以代号标明，以利于流水作业。它的代号是：七"青"、六"绿"、八"黄"、九"紫"、十"黑"、二"红"、三"香色"。白、丹色都以本字作标。

彩画大色调兑胶水比例参考表

颜色类别	单位（市斤）	胶液量（市两）	水量（市两）	说明
洋绿	每斤	7	5	
佛青	每斤	6	8	佛青胶大发黑
锭粉	每斤	3	5	锭粉胶大易起皮
石黄	每斤	8	4	
银朱	每两	1.5	1.5	
烟子	每两	1.5	1.5	
漳丹	每斤	4	2	

2. 二色和晕色的调配

二色：是指比大色浅出一个色阶而言，在彩画上多用于切活部位的底色。

晕色：是在原色的基础上加粉，比原色浅出两个色阶来，用以退晕，以增加立体感和深浅相接之效果。根据工程要求，可退一至若干道晕色。

二色、晕色在彩画上统称"小色"。小色在胶量上要少于大色，因小色一般是覆盖在大色之上，胶大色厚易脱落，因此要减少胶量。

小色是在各种原色的基础上加入不同数量的白粉调兑而成。一般多用于以下几种。

二青、二绿：都以白粉做基础，适当加入佛青、石绿搅拌均匀涂于木板上观察色度，根据不同要求比原青、原绿浅一至二个色阶即可。

石山青：在白粉内加入少量的佛青和绿，比三青要深些，因有绿色，所以呈山石青色，名曰"石山青"，苏画中多用于涂底色，胶量要稍大。

鸭蛋青：色阶如同发青色的鸭蛋壳，兑法是将白粉内加入兑好胶的沙绿即可。如果没有沙绿，也可以用洋绿加少许佛青取代。

旧纸色：是摹仿年久的旧纸张颜色。白中透黄发黑。兑法是白色中加石黄再加入少量的烟子而成。

硝红色：将入胶银朱适当兑入白粉中，使红中透出白硝，故称硝红。

在调配晕色中，尤其是退晕调色，一定要注意色阶的变化，退晕的层次越多，更应注意使其即不相靠，又不强烈突出。如苏式彩画的烟云包袱，九道退晕，颜色调配不当，就会一蹋糊涂，为了颜色的深浅分明，就须先作试兑工作，最后按样板色度根据用量来调配（参考苏式彩画烟云图）。

在退晕和攒色中，还有一些颜色关系，也应准确的加以掌握。如比红深一色的用紫，比黄深一色的用丹，比丹深一色的用大红，比佛青深一色的用佛青加毛蓝等。

以上各色都要用加胶调好的颜色相兑，不能用干料配兑。

3. 白活小色

除上述两种大小色外，画白活（人物、山水之类）所使用的一些颜色称为"白活小色"。这方面所使用的材料，大体上同于国画颜料。国画的成品颜料，如赭石、藤黄、花青等均可使用。

(四)胶矾的使用

建筑彩画一般使用的胶，有水胶，骨胶和桃胶。质量以清亮明透为好。

干胶加水为1∶4用火化开即可使用（桃胶不用火化），夏季用胶每天需把胶液加火见开一次，以防生腐。颜料入胶一定要随着季节增减。春秋两季，气候干燥，颜色入胶量要减，夏季潮湿，入胶量要大，以防“跑胶”。由于气候一干一湿，往往影响胶质性能，必须充分注意。

桃胶一般在冬季使用，因为它是植物的液体，气候变化对它影响不大。

彩画中所用白矾，只是调配胶矾水用，明矾以它具有的抗潮性能而被利用于建筑彩画上。矾入胶后可矾天花用纸，或覆盖画活底色。

胶矾水的调配：将白矾用水化开，一市两矾溶解于五市斤水中，然后加以适当胶液，以过了矾的纸不脆，不洇为合度，胶大则纸脆矾小则纸洇。

九 沥粉技术

沥粉在建筑彩画中的主要作用是达到突出线路、分清整体图案与各部位图案的关系，使人一目了然。其次是衬托金的光泽。凡沥粉处一般大多贴金，以突出凸线勾画出的各种生动的纹路，使图案的来龙去脉清晰地显示出来，具有辉煌夺目的艺术效果。因此，沥粉贴金在建筑彩画上是非常重要的两道工艺。

沥粉技术是随着建筑装饰的需要而发展起来的，明清时期这一工艺又获得了特大的发展。材料使用和工艺上的处理都有了很大的改革。明清沥粉材料多用香灰加绿豆面粉入胶液调兑，这种炮制工艺叫做“砸沥粉”。香灰的特性是细腻光滑。绿豆面粉含淀粉丰富，粘性大。炮制出来的沥粉易干、坚实、不脱落。明清时期的沥粉大部分采用上述材料。清末又采用了滑石粉与土粉子、大白入胶液代之。

沥粉的工具也有了较为科学的改进，如采用打薄的铜片（清末改用洋铁片）制成圆锥型的筒子，称为“粉筒子”。粉筒子又分为两个部分，前半部叫“粉尖子”，是沥粉时排出线条的部分，分为各种不同的型号，可根据所需粉条的粗细来选择口径。后半部分为“老筒子”，系上猪的膀胱皮，容装粉浆的部分（参看工具图）。把选择定的“粉尖子”套入“老筒子”内，然后以熟练的技巧，将粉挤在图案上。这道工艺过程就叫“沥粉”，南方称“挤粉”。

(一)沥粉材料配兑方法

将香灰、豆面或土粉子、大白粉过细箩，除去杂质后，倒入瓦盆内，然后入胶水，用木棒捣搅。因为这些材料粘性很大，所以要用力捣砸，故而工匠称之“砸沥粉”。捣匀后，根据所要沥粉的粗细，而决定粉浆的稀稠程度，大粉要稠，小粉（细粉）要稀一些。加入温水泻开，然后再过一遍箩，即可使用。沥粉盆一定用湿布盖好，以防接触空气后结皮，影响沥粉时顺利进行。

沥粉材料配兑参考表

<table>
<tr><th colspan="2">材料比例 / 沥粉种类</th><th>胶　水</th><th>土粉子（香灰）</th><th>大　白（豆面）</th><th>滑 石 粉</th></tr>
<tr><td colspan="2">大　粉</td><td>1</td><td>1.5</td><td>0.5</td><td>适　量</td></tr>
<tr><td colspan="2">小　粉</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="4">不同季节沥粉的胶水熬制比</td><td>季节</td><td>干胶（斤）</td><td>水（斤）</td><td colspan="2">备　注</td></tr>
<tr><td>冬</td><td>1</td><td>7</td><td colspan="2">可适当加酒</td></tr>
<tr><td>夏</td><td>1</td><td>4.5</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>春秋</td><td>1</td><td>5</td><td colspan="2"></td></tr>
</table>

(二)沥粉工艺的操作技巧

将粉浆灌入粉筒内之后，扎好膀胱皮的后口，备齐沥粉所需的通针、小刀等工具（为修粉条和通尖子用）和需要的大小尺子。操作时无论是坐、卧、躺、立（因建筑物的构件分布与固定脚手架的关系，而采用不同的姿势），粉尖子都要同构件成95°角，在构件上轻触运笔。沥小粉时要求弯转自如不走稿样，一气呵成。沥大粉时要求横平竖直。遇有三裹的地方要注意接口，要求线条均匀一致，不出现疙瘩，不断条。操作时手劲要稳，呼气轻，沥出来的粉干后其截面要达到半个圆为合格。以利于包胶和贴金。如系双线条的粉，两条粉中间不得大于一条粉的宽度，如枋心线、岔口线等就是双线粉。

十 贴金技术

前边已谈到沥粉和贴金在建筑彩画上是两个密切相联的工艺，明清之际的建筑彩画以用金来烘托建筑的金碧辉煌。

金箔的生产过程是将黄金、白银、铜溶化后制成条，再捶成叶子。每张叶子对方1.6市寸，厚度为2微米。再将叶子裁成16个相等小块，放在乌金纸内进行捶打即成“金箔”。

乌金纸产于浙江上虞县，它是用端午节前砍伐的嫩竹子经五伏天沤泡后，取豆油、青油的熏烟加骨胶调合而成。

金箔一般分赤金和库金两种。库金为九八金，即含金量98%、含银量1.5%、含铜量0.5%。色泽发红；赤金为七四金，即含金量74%、含银量25.6%、含铜量0.4%，色泽发白。

金箔制成后以十张为一帖，十帖为一把，十把为一具，每具一千张为计算单位。库金每张的尺寸为9.33平方厘米，赤金每张尺寸为8.33平方厘米。

金箔是非常薄的一种金属片，厚0.14微米。虽然它很薄，但经过金胶油的衬托，它却能充分地显示出金的光泽。

金称为百色之光，它与任何颜色都相协调，但它唯一的缺点是轻薄易碎。在贴金的技术处理上就需要有适于贴金箔的工具。贴金箔的工具就是竹制的金夹子。金夹子系用较老一些的南方茅竹的外皮经削磨后制成，要求既光滑又具有弹性，其夹口要严紧。

(一)贴金的基层处理

平贴金、沥粉贴金和扫金等都要打金胶，金胶是表面贴金的基础。金胶材料配兑的好坏或涂刷过干、过浓，都会造成贴金不亮、贴花、纵纹等现象。北方贴金用的金胶是采用光油配兑（光油参看油漆技术部分），酌情加入“糊粉”，使其干度粘度适宜（糊粉即锭粉加火炒之）。金胶油一般经12小时渐干为佳，工匠称之“隔夜金胶”。在隔夜金胶上贴金，光泽鲜艳。

南方除使用油质金胶外，也有用骨胶加兑铅粉为金胶的。因南方气候潮湿，骨胶反粘，利用它贴金也可取得良好的效果。

(二)贴金工艺操作技巧

贴金工艺在室外作业，要具备席棚和布围子，以防金箔被风吹散。

贴金时手要轻，折金、撕金（根据贴金纹路的宽窄）时，要顺着夹金纸纵纹撕，手不要出汗，以防将金泥碎，可事前将手上涂上滑石粉，用熟炼的技巧将所要贴金之处贴严后，再使用新棉花轻拢一遍即成。如遇有木雕花活贴金时，因有凹凸不平不易贴严，可采用肘金的方法。如有较大面积贴金（匾额等处），因金箔的张幅小，贴金时易出现过多接口、痕迹，因而可采用扫金的方法。扫金和肘金都要将金箔放置在竹筒内泥成金粉状，每千张金可泥金四钱。

扫金的方法是用羊毛制成的软刷子将泥金轻扫于金胶油的表面，要均匀一致，然后用棉花轻揉，使金粉与金胶油贴实即可。扫金比贴金耗金量大，同样的面积贴金要用一张，扫金就要用三张，雕饰上面要用九张，所以俗话说：“贴一、扫三、九凹金”。

十一 明清彩画的施工操作

（1）丈量、配纸、起谱子、扎谱子：丈量、配纸、起谱子，在前面构图特点一节中已有论述，不再重复。

扎谱子用大针，下边垫毡垫，按谱子墨线顺序排扎，针孔相距1毫米左右。

（2）磨生油、过水布、分中、打谱子、号色：地仗待生油干后，用砂纸打磨，磨出白痕为止，以防生油“挂甲”产生颜色脱落现象。然后过清水布擦净再刷胶矾水一遍名为“合操”。

用粉笔在梁枋正中画出中线，再将谱子按中线摊实于梁枋上，用粉拍子按谱子孔循序拍打，使谱子图案印于梁枋之上，此为打谱子。尔后根据彩画的规定用粉笔进行号色。

（3）沥大小粉：先沥大粉，沥好直线再沥斜线。三裹柁的构件先沥仰面，后沥侧面。上部横线要上搭尺，下部横线要下搭尺，盒子等处的软线要自上而下，由左至右的沥。粉条不出现接

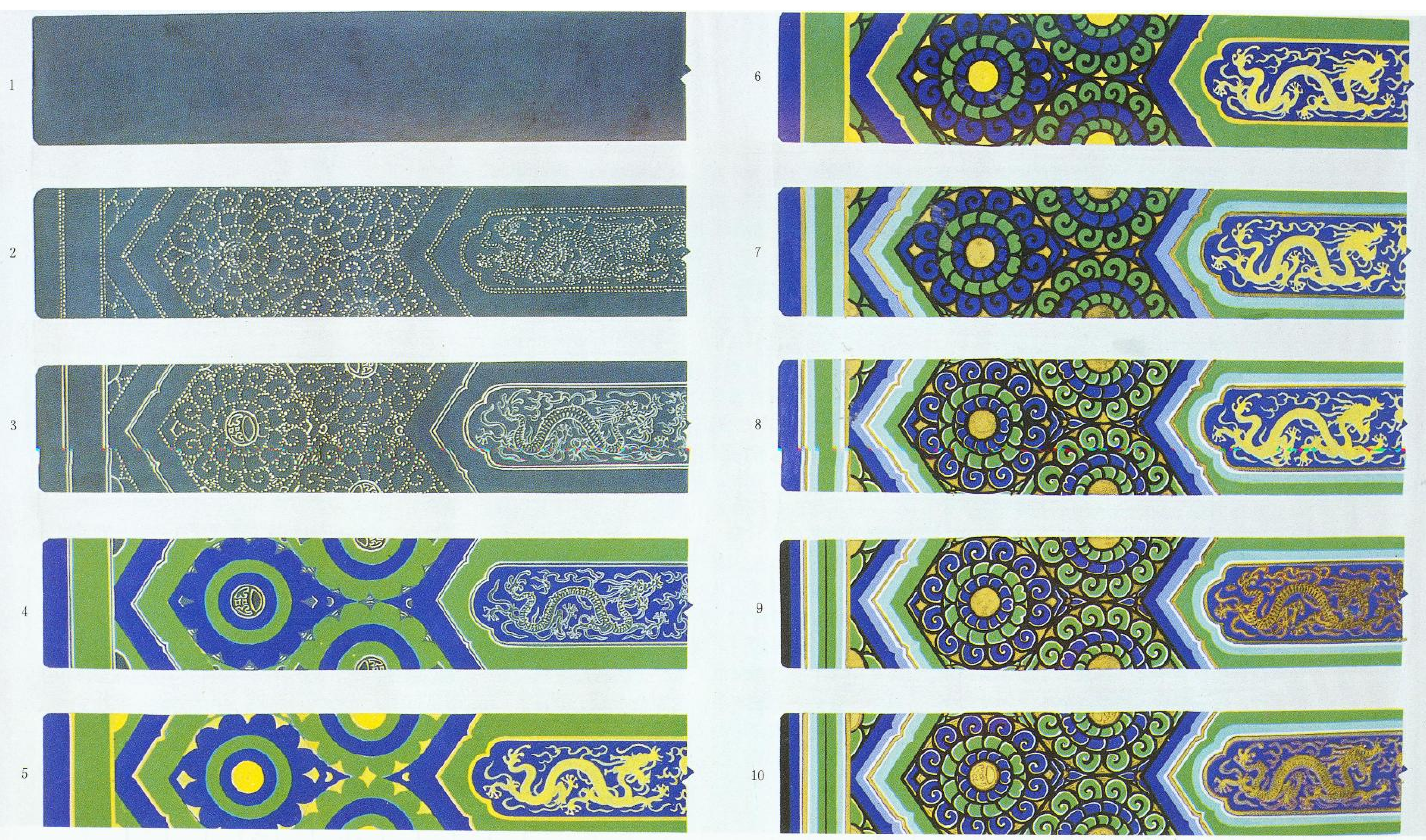


图9-2-26 彩画工具图

1.过谱拍子；2.扎谱麻垫；3.谱子针；4.沥粉器；5.沥粉老筒；6.沥粉尖子；7.修粉刀；8.通针；9.金夹子；10.坡楞尺；11.界尺；12.鲁体；13.大小瓦盆；14.大小瓷碗；15.碗落子；16.猪鬃刷子；17.头发刷子；18.粉碾子；19.各类毛笔；20.猪鬃裱刷；21.糊刷

图9-2-27 彩画操作程序图

1. 磨生、过水布、合操　2. 分中，打谱子，号色　3. 沥大，小粉　4. 刷颜色　5. 贴金处包黄胶
6. 拘黑，打金胶　7. 拉晕色，贴金　8. 行大，小白粉　9. 压黑老、掏老、齐金　10. 打点成活



口。

沥小粉时花纹的来龙去脉要沥清楚，一般是先沥花头后沥草叶；先沥龙头，后沥龙身。

卡子等处的小粉必须用尺，以使线路规整。

（4）串色刷色：自上而下顺序刷色，按标号进行，刷色时要注意均匀一致，要求不花、不流坠、不漏刷，应先刷绿色后刷青色，要求按图案的规划线刷，绿色一般要刷两遍，青色可刷一遍，以不透地为宜。青绿两色串刷完毕后，再刷其他颜色。

枋心、盒子、柱头等处绘有花纹的地方最好采用剔地刷色。

（5）包胶、拘黑：包胶系用石黄合胶加入适当水量调成。将所有大小沥粉处满包一次胶。要包严不使粉条外露，胶量大些为好，以免金胶油渗透，贴金不亮。

用调配好的黑烟子，选定合适的小刷子（用猪鬃制刷子）沿着谱子的花纹轮廓线描画，这道工序叫做"拘黑"。在拘黑前应先校对一下谱子图案是否对称、平衡、均齐。而后先拘直线，后拘曲线，先方、后圆，先外后里。拘黑是起造型作用的，所以要力求准确，为下道工序打下基础。

（6）切活、行粉、做锦：拘黑工序完成后，即可以进行切活、行粉等工作。在二青二绿或樟丹地子上用黑色描挤各种花纹，画作称为"切活"。如水牙、卷草之类等。

行粉是沿着拘黑线路的黑线普遍构描白粉线一道，以使整组图案更加醒目。

做锦是一项较细致的工艺，由于工序繁琐，故一般采取流水作业。

（7）拉晕色、大粉：晕色，就是在青、绿颜色上用三青、三绿作晕色，拉晕色要横平竖直。晕色的宽度，一般要求在箍头上作1/4，在岔口上作2/5为宜。

大粉，此道工序就是在作完晕色后，随着晕色，紧靠金线或黑线拉一道大粉（粗白粉），要求宽度一致，横平竖直，一定要用尺子操作。它所达到的效果是醒目。

（8）压黑老：这是整个彩画工艺的最后一道工序，包括靠金线齐金、靠檩头两端、柱头等处拘黑齐色，死箍头中间压黑线，斗栱构件的中间压黑线、升、斗中间点方块等，统称"压黑老"。此道工序在彩画上起着整齐、庄严的艺术效果。

（9）打点找补活：彩画一切工序完成后，必须再检查一遍，发现颜色有不到，脏活等处都需要进行修整（图9-2-26，27）。

（10）罩清油：彩画完毕后，外檐易招雨淋部位满罩清油一道。

苏式彩画的施工操作程序一至五项同上，第六项可进行画白活，做各种卡子、箍头等图案。

第三节 建筑油漆

我国使用油漆有着悠久的历史，尤其是使用大漆和桐油经验更为丰富。远在三千多年前奴隶社会的商代，我国劳动人民就开始生产和使用大漆（天然漆）。在公元前十一世纪的西周时代曾有征收漆林税的记载。春秋以后对大漆的使用更为广泛。1970年，发掘长沙马王堆汉墓时发现了两千多年前的漆制随葬品。

我国古代除生产大漆外，桐油也是我国的特产之一。其主要产区大部集中在四川、湖南两省；其次是江西、浙江、广东等地。我国种植桐树也有一千多年的历史，从唐朝起到宋元明清各朝代都有文献记载可查。

一 油漆的作用

（1）保护：油漆的第一个作用就是保护作用。各种物体如金属、木材等都是直接暴露在地面上的大气层中，由于气候冷热、干湿变化，因此时刻受到空气和水分的侵蚀，发生金属锈蚀、木材腐朽等现象，长年累月，由轻到重，最后会完全遭到破坏。为了使木结构建筑减轻侵蚀和破坏，延长寿命，要经常地在上面涂油漆，可以大大防止木质干裂、腐朽。

（2）装饰：油漆一般分为两大类，即无色漆和有色漆，无色漆就是指透明漆，有色漆就是用各种矿物颜料和化学颜料调制而成。基本上分为六大色：即红、黄、蓝、白、黑、绿。所谓装饰就是用各种色调对不同的物件进行涂刷。我国古代宫殿、寺庙建筑，以红、绿两色为主色，在建筑物的各种构件中穿插涂染。如上架的望板涂红漆，椽肚涂绿漆，梁枋大木作青绿彩画，下架朱红柱子使其颜色鲜明，色调对比强烈，起到很好的装饰效果。

（3）区分等级：各种有色油漆，都有它的独特色调，根据不同的建筑属性，进行不同的色彩处理，这就是标志的作用。在封建制社会对建筑色彩的运用，同样受着阶级制度的制约，等级观念突出。色漆的使用也反映这一点。如战国时代，红色的标志为尊贵，除皇宫宝殿大门、柱子漆朱红色，其他下等建筑则不得乱用。到明清两代，色彩的等级标志更为严明。例如明清两代将红黄两色奉为"至尊至贵"，所以普通民宅的装修只能采用以黑色为主，稍加红色点缀，称为"黑红净"。

二 木构地仗来源

油漆彩画，早在六百多年前元代就开始作地仗了，1925年于赤塔（东康堆古城）附近发掘元朝帮哥王府（成吉思汗之孙）废墟时，在残木柱上发现有"用粗布包裹涂有赋子灰，表面绘有动物形象的泥饼"，证明元代就有作地仗之实物。但在元代以前有关地仗方面的资料尚未发现。

明朝修建宫殿多采用楠木，这些木材大都是从南方远道运来，梁、枋、柁、柱完全使用整木材，经过削平、圆、直后，表面光滑，直接在木骨上进行油漆彩画，从不作灰麻地仗。如北京明代建造的故宫诸殿门、智化寺、法海寺，长陵棱恩殿等遗构就是例证。到了清代，因木材缺乏，多采用小木料拼帮做法，木件表面粗糙干裂，多缝隙，因此要用油灰做地仗，使表面平滑齐整，然后才能进行油漆彩画。其耐久性虽然差些，但在清代由于材料条件的限制，古建油漆彩画作地仗非常普遍。地仗的处理方法，在全国各地并不一样。一方面是各地工匠的历史传统不同，另一方面和当地的气候条件也有关系。如用血料砖灰材料，做"一麻五灰"或"单皮灰"地仗，只有北方使用，其他地区较少，特别是南方就更少了。

三 木基层处理

地仗的处理是重要的一道工序。为了整旧如新，必须把原来的旧地仗彻底铲掉重做。但如有大面积地仗尚坚硬完好，则可局部进行找补，这样既不影响质量，又省料，但要根据实际情况酌情处理。木基层处理，大体上可分以下四道工序。

（1）斩砍见木：用小斧子将木料上的油灰全部砍掉，砍出斧痕，然后用挠子挠净，叫做"砍净挠白"。在砍挠过程中，一定要横砍顺挠，也就是要横着木纹砍，顺着木纹挠，至去掉旧灰皮见新木茬为止。如旧灰皮自行脱落者，仍须进行洗挠方可作灰，否则会影响质量。木件如有翘丝离骨等弊，应钉牢或去掉。

（2）撕缝：砍净挠白后，用铲刀将大木上的裂缝撕开，并将缝内旧油灰剔除干净，便于新油灰侵入粘牢。裂缝宽度超过1厘米以上者，应下竹钉另行处理。

（3）下竹钉：木构件因直接受风吹、日晒、雨打、气候冷热及潮湿干燥的影响，日久天长使木料的缝隙自然会出现收缩与膨胀现象。所以在较大缝内要下竹钉，以防收缩时使捉缝灰离骨而影响工程质量和表面美观。竹钉的长短、宽窄可根据缝隙的大小来决定。下竹钉系工匠传统术语。

（4）汁浆：木料砍净挠白之后，为了确保工程质量，使油灰与木骨结合的更加牢固，因此还要涂刷油浆一道。这道工序是很重要的一环。

四 地仗灰的做法

油漆地仗包括一麻五灰、两麻六灰和两麻一布七灰等几种做法。不用麻、布者为单皮灰，一般分为两道灰、三道灰、四道灰等。（参看清《工部工程做法》）

地仗做法，要根据工程需要而定。一般上架不经受风吹日晒部位可作单皮灰。下架外柱、坎框、榻板、梁枋、板墙等多作一麻五灰或两麻六灰地仗。所用材料主要有：加工桐油、面粉、血料、砖灰、石灰水等，调制成粗灰、中灰、细灰等料。砖灰又分为粗籽灰、中籽灰、细灰三种。调料均以"油满"为标准，进行配兑。以一麻五灰为例它的操作过程如下。

（1）捉缝灰：待汁浆干后，将大木表面打扫干净，尔后用粗灰进行捉缝。要横掖竖刮，以使缝内油灰压实饱满，要防止蒙头灰，就是表面有灰，缝内无灰。如大木有铁箍时，必须先将铁箍落实钉牢，并将铁锈除掉，用灰填平，木件如有缺楞短角者，用灰修复齐整干后用砂石或缸瓦片

顺木纹磨之，同时用铲刀修理整齐，撢扫干净，去掉浮土。

（2）扫荡灰（粗灰）：扫荡灰又名通灰，此道灰做在捉缝灰之上，至少要有二、三人同时合作为宜，要将其木件修复平整，柱子要修复圆直。干后用金刚石或缸瓦片打磨。

（3）使麻：使麻一般分为以下四道工序进行操作：

开头浆：用糊刷沾油满血料浆，刷涂在扫荡灰上，要均匀一致，其厚度以浸透丝麻为度，但不宜过厚。

粘麻：将梳好的麻线粘于油满血料浆上，要横着木纹沾。如在木件交叉或阴阳角处仍按木纹横沾，不得顺粘，使麻厚度要均匀一致，平整。防止出现凹凸现象。

压实：麻经沾好后，用麻压子随沾随压实，使油浆浸透麻的表面为度，注意鞅角一定压实，不得悬空，以防干后断裂名"崩鞅"。不得出现干麻或余浆。

磨麻：待麻干后用砂石或缸瓦片满磨一道，磨至麻绒浮起为止，但不能将麻磨断，然后将浮绒打扫干净为下道工序打好基础。

（4）压麻灰：此道灰压于麻面上，与麻紧密接合后用板子顺木件横刮，如装修边框有框线者，须用竹板或铁片扎子在这道灰遍上扎出线条，作到粗细均匀，线条平直。如果两道麻或一麻一布者，扎线应改在最后一道压麻或压布灰上。

（5）中灰：压麻灰彻底干后，用砂石或缸瓦片磨，但勿要磨透压麻灰，打扫干净后用铁片满刮中灰一道不宜过厚。如有框线者再用中灰扎线一次。

（6）细灰：中灰干后，用砂石或缸瓦片满磨一道，将中灰板迹接头磨穿，打扫干净，首先用铁片将边角、框线、坡楞等处以细灰找齐，然后满通细灰一道，其厚度不得超过2毫米，接头要平整，薄厚要均匀一致，有框线者再次用细灰扎之。

（7）磨细钻生：细灰干后，用平整的细砂石或细砖块精心细磨，要磨成平整、圆滑。撢扫干净后用刷子或丝头沾生桐油涂于细灰之上名为"钻生"。要随磨随涂，以防风裂。柱子或梁枋等结构，按着间次，最好一次磨完，一次涂齐，如表面浮油过多，要用麻头擦净，以防"挂甲"。经过以上七项工序，"一麻五灰"就算完成。

五 单皮灰

（1）两道灰：两道灰即捉缝灰及细灰，一般多用于裙板、花活、套环、花牙子、栏杆、垂头、雀替等处。使用的材料及操作要求与一麻五灰中的同道工序相同。

（2）三道灰：三道灰即捉缝灰、中灰、细灰，此种地仗多用于内外斗栱、椽子、望板或室内梁枋等处，其材料作法与一麻五灰中的同道工序相同。

（3）四道灰：四道灰在单皮灰地仗中系油灰层数最多者，一般用于不太重要的部位上。如下架室内柱子，上架连檐、瓦口、椽头、山花、博风、挂檐等处。四道灰的做法除去不使麻和压麻灰两道工序外，其操作程序及材料皆与一麻五灰中的同道工序相同。

六 油灰材料调制

（1）熬炼生油（灰油）方法：首先将土子面与樟丹混合一起放在锅内炒之，时间要长些（如炒沙土开锅状），炒至潮气完全消失后再兑入生桐油，加火陆续熬之。因樟丹土子面比重大，容易沉底，故熬时要用铁铲随时搅拌，以使樟丹土子面与生油混合一起，待生油开锅后（最高温度不得超过180°C），用油勺随时轻扬放焰、散热，以免温度过高起火，将油表面煞成黑褐色时（开始为黄色），这时可试看油的火候，取出锅内少量油滴入凉水碗内，如油珠不散即时下沉于水底再浮上来仍保持原状即算熬制成功。出锅凉后方可使用，熬油口诀为："冬加土子夏加丹"，意思就是冬季熬生油多加土子面，夏季多加樟丹。一般熬油材料配比方法如下表：

季 度	生桐油	土子面	樟 丹
春季	100	7	4
夏	100	6	5
冬	100	8	3

（2）油满调制：将白面（食用面粉）陆续加入生石灰水，以木棒用力随时搅拌成糊状，然后再加入熬制好的灰油，调匀即成油满。油满用的材料比也有所不同，二斤油、一斤石灰水称为"二油一水"，一斤油、一斤石灰水称为"一油一水"，都以面粉量为准。如水增多，则面粉灰油相应增加。

（3）腻子调制法：血料腻子将加工的猪血掺入土粉子或大白面搅匀即可，劲头大小软硬程度要适当加水，混合一起搅拌均匀，即可使用。

生漆腻子：这种腻子有两种材料调配法。一种是生漆调石膏（1：2）搅拌一起而成，这种腻子多用于弥补大裂缝或大洞眼，易于坚硬。另一种是生漆调锭粉（1：1.5）搅拌一起，这种腻子性能柔软，干硬过程较慢。

（4）捉缝灰通灰调制法：用油满、血料、大粒子砖灰（1：1：1.5）放置桶内搅匀即可。

（5）压麻灰：以油满1、血料1.5、中籽灰2.3混合一起，搅拌而成。

（6）中灰配制：以油满1、血料1.8、中籽砖灰3.2，混合一起搅拌而成。

（7）细灰调制：以油满1、血料10、细砖灰4，加光油1、加水6，混合搅拌而成。

（8）汁浆配法：油满1、水20混合一起调匀即可用之，但根据基层不同情况，加水量可酌情处理。

（9）熬制光油：熬制光油一般有两种作法：少量熬制时，用二成苏子油，八成生桐油放入大锅之中混合熬炼（名为二、八油），熬至八成开时将干透土子（100斤油加5斤）放在大铁勺内，侵入油中，随时颠翻土子浸炸，炸透后再陆续投入锅内，待开锅后（其温度最高不能超过180°C）陆续撤火，再以微火熬之，同时用油勺轻扬放焰。成熟后出锅仍继续扬油放焰散热，待其油稍有温度时加入陀僧即成。其比例为100：2.5。

一种是大量熬炼时，应将苏子油熬沸，名为"煎坯"。然后加入干土子（颗粒要整齐，方法数量同上），在熬炼中试验成后，可取出少量油，入于凉水盆中用木棍搅散，再用口吹，如全部沾于木棍之上即熬成。此时将土籽全部取净。出锅后再另分锅熬炼（配比为二成煎好的苏子油，八成生桐油），熬炼开锅后陆续撤火，微火熬之，出锅后按以上要求比例加入陀僧，即算光油熬成。

因季节关系，加土籽数量也有所不同，春秋两季100斤苏子油加土籽四斤，夏季加土籽三斤，冬季加土籽五斤，总之气候越冷，加土籽越多。

（10）梳麻要求：在建筑上用麻，麻丝应柔软、洁净、拉力强。梳麻时先把整麻截成80厘米的长度，然后用麻梳子（钉制工具）去掉杂质、粗皮等（但截麻可根据工程需要而定，如迎风板、板墙、大明柱等可不截短）。尔后用竹杆两根，各手一根，将麻挑起，撢顺成铺，用席圈好，随时打开即可使用。

（11）调制金胶油：贴金所用金胶油，一般用光油，根据工程的要求，可酌情适当加入"糊粉"，求其干度、黏度适宜（糊粉即锭粉炒之）。一般金胶油以隔夜金胶油为最好，即头天下午打金胶，第二天上午贴金。

七 大漆（天然漆）与桐油

（1）大漆储存与保护：大漆要放置在背阴通风处（绝对避免日光直射），大漆一定要与带有酸、碱、盐等物质隔离存放。

大漆装桶时不可太满，以免气候炎热引起膨胀，而造成爆破引起火灾。

大漆存放一般不要超过二至三年，存放时间越长，其质量就会自然退化、变质。

（2）大漆材料调制法：

生漆加工：生漆一般含水量为30%左右，使用前，用两层棉丝，中间夹生漆，采取挤拧办法过滤，去其杂质，使漆洁净，方可使用。

打水（加水）：一般生漆加水量为十分之一，即10斤生漆加1斤水。但也要根据生漆的稀稠程度适当加入，如太稀就少加水或不加水（加水为净漆，加铁醋者为退光漆）。

晒漆：将漆放在漆盘内（厚度不超过3厘米），进行日光晒，一般三至六天即可晒熟（晒前为褐色，晒熟后为黑色）。

炖漆：生漆制成熟漆后，再用锅炖。炖好后，第二次过棉丝（方法同上）过滤后为垫光漆。垫光漆再过滤一次（三次过滤）为退光漆。如果需要有颜色的漆，可用垫光漆加干颜料调之即可。

（3）大漆地仗处理：大漆地仗，由撕缝到钻生油，作法及所用材料与"一麻五灰"相同（但一般糊布多，使麻少）。

八　油漆材料与施工

（1）油漆调制法：以光油为主，可用各种矿物颜料，如朱红、砂绿、石黄、红丹、锭粉、佛青、黑烟子等可兑成各种有色漆。几种颜料互相调配又能兑出其他各种不同色调，如红加黑为铁红、紫红，绿加白为豆绿，再加黄为果绿，白加黄为米黄、牙黄等。用矿物颜料配兑之油漆，为矿质油漆。其特点主要是颜色耐久，一般20年内颜色不退。

砂绿油：先将砂绿（矿绿）放入盆内，用开水多次浇之，除去碱、硝等杂质，用小细石磨磨细，沉淀后将水分排出，尔后陆续加入浓光油（一般加入颜料的等量）用木棒捣之，以使油料混合一体。根据稀稠要求，再加入适当光油即可使用。除碌、樟丹、锭粉外，其他均不用过磨与入水。

广红油：先将广红（红土子）放入锅内炒之，使其潮气出净，用细箩筛后，放置盆内，加适当光油调匀，盖好牛皮纸，在阳光下曝晒，使其杂质沉淀后，即可使用。上层为“油标”又细又亮，可放在最后一道用之。

黑色油：先将黑烟子轻轻放在细箩内，上边盖好纸，放置大盆内，用手掌轻轻揉压，使其过箩，然后用白酒澥之，使酒与烟子逐渐渗透结合一起，再加入适当光油，即可使用。

（2）“三道油”施工法：

细腻子：地仗处理完成后，用砂纸顺木件磨之，打扫干净，用铁片或皮子满刮血料腻子一道，要求刮平刮净，以防有接头。干后用细砂纸打磨，楞角要齐，打扫干净。

垫光油（头道油）：第一道油为底油，是三道油的基础。所以要刷到、刷匀、刷整齐。涂油量要适当，不要过厚或过薄。油多者会发生流坠纵纹等现象，油少者不托亮。油刷拴路要平直，布好油后要横蹬竖顺，以达到均匀一致。

二道油：垫光油干好后，用细砂纸打磨一遍（但不要磨透），磨掉表面浮粒、流坠和纵纹，随用条帚和潮干布擦扫干净。头道油刷完后，如发现有裂缝、钉眼等，可找补腻子，不能放在二道油以后解决。一定要精心操作。其要求和刷法和头道油相同。

三道油：又名“出亮”。在刷前，必须用细砂纸仔细磨一遍，用潮干布或条帚撢扫干净，按构件局部一次刷成，不能间断。要求栓路横平竖直，均匀一致。此道油不能在三级以上风天进行，以防风砂混漆，影响光亮美观。

九　扫青、扫绿、扫蒙金石

匾额其作法多种多样，一般作法有：金字扫青地，金字扫蒙金石，绿字扫青地，绿字蜡地等。

扫青：先作好地仗，然后垫光两道蓝色油，干后用青粉呛之，再以细砂纸打磨撢净，再打金胶贴金，尔后用光油扣匾地，不得脏金，随即将小颗粒佛青放在箩内往匾上筛匀，以不透油为止，筛后立即放到日光下曝晒，干后用羊毛排笔将表面浮粒扫掉，即可成活。

扫绿：一般扫绿都是扫绿字，匾额地作楠木色，或做假木纹，烫蜡或罩漆。在木刻字上扫绿其作法与扫青相同。但扫完后不要放置太阳光下曝晒，要放在背阴处自行阴干，名为“湿扫青，干扫绿”。所以要如此，是因为佛青接触油漆后，底油慢慢会洇上来，使扫青会变化，所以扫完后立即晒之，使其速干。扫绿就没有这种现象，所以采取自行阴干的做法，更加牢固。

扫蒙金石：一般匾额作金字扫蒙金石者，在匾额上满刷二至三道香色油，干后用青粉呛之，用细砂纸打磨，撢净。按字型打金胶、贴金。尔后用光油扣地，不得玷污金活。在匾额上洒蒙金石，阴干后用羊毛排笔轻轻去掉浮粒，即算成活。

第四节　建筑雕刻技术

建筑的雕刻装饰，是根据历史条件和建筑材料及加工工具的状况而逐步发展的。首先出现的是泥塑、木雕，其次是石、砖雕刻。

原始社会中晚期出现的泥塑，可以说是最初的建筑装饰。至殷商时期，已有了木雕和石雕装饰。木雕施彩，其制作情况可以安阳及黄陂出土的椁板上看到；石雕，在安阳也有遗物发现。西周初年的周原建筑遗址证明，檐下椽木等处采用蚌雕、玉雕、骨雕等装饰。东周时期，宫殿、宗庙等建筑已广泛采用雕刻的手法来装饰梁、柱、椽、枋等建筑构件。秦汉以后，统治阶级对其建筑提出更高的装饰美化的要求。例如承尘、藻井、栏楯的制作，也无不加以雕刻装饰。

魏晋、南北朝时期，统治阶级大力推崇佛教，在大肆兴建宫室的同时，大肆装饰佛寺。因此，雕刻工艺得到空前的大发展。魏晋以后，墓葬石雕建筑已为减少，继之而起的是宗教建筑的石作雕刻，有了石窟、石塔、石幢等项。由于石作工程的大量实践，致使此项工艺攀上了高峰。石雕工艺的高度发展，扩大了石雕装饰的使用，木构建筑石砌阶基，也加上了石雕装饰，从此建筑装饰完全出现了新的局面。砖雕工艺伴随砖的大量使用而发展起来。东汉以后砖墓以及南北朝以后兴起的砖造佛塔的建筑，促进了砖雕工艺的发展。

隋唐、宋元时期的建筑装饰工艺，继承南北朝的工艺技术，划时代地向着深度发展，且在实践中成熟地总结了雕刻技术所取得的一切成就。这一时期，木、石、砖雕饰得到了全面表现和发展。建筑局部装饰日增，小木作工艺渐繁，随之而起的木雕装饰也进入高潮。早期砖雕是在砖坯上雕塑或模印后烧制的。大约到元代开始，缩小木材的使用，而扩大了砖作的范围，以砖构为主体的建筑兴起，在装饰上，由窑作制件转向于成品砖上施雕和加工。从此砖雕得到更广泛的应用，以致若干民居也多施砖雕，作为重点的装饰。

明清两代的建筑雕刻装饰，已经形成了一整套的传统工艺，使砖雕、木雕、石雕装饰各具特点。石雕、砖雕主要作为外观装饰，集中使用在台基、大门或厅堂、山头、屋脊等处，木雕主要作为内檐装饰。

我国丰富的建筑雕刻工艺是古代建筑工匠的智慧结晶，是一份宝贵的遗产。

一　石雕

目前所知建筑上最早的石雕刻，是河南安阳出土的殷代的石雕构件。其中一件是解放前安阳小屯墓出土的虎形雕刻；一件是近年安阳墓中出土的鸷鸮形雕刻。从这两件雕刻的尺寸以及背部凹槽等形制来看，显然是与其他构件拼接使用的建筑构件。由于是墓葬出土，原来装配的部位不能确定，初步推断，似乎是门砧之类。

殷商以后，较早的是汉代的几件结合在建筑群中使用的圆雕。例如西汉武帝太液池畔设置的牛郎、织女的雕象以及武帝茂陵附近霍去病墓的石马、石虎等雕象。这些造型古拙、整体圆浑、加工较少，看来雕刻还很原始，其工艺技巧并未超过安阳殷商遗物所见的水平。

东汉遗留至今的有石阙、石室及墓葬画象石等雕刻，可知这一时期石雕技法有多样的形式。这时盛行的似乎是简单的线刻和“减地平钑”的做法。

线刻工艺过程，首先是将石面打平，再磨砻加工，然后用金属工具刻划放样，最后施刻。

在现存的汉代画像石中，常常看到颇有生活气息的故事画。这种故事画是用隐刻的方法雕成的。隐刻雕法已较线刻提高了一步。隐刻是平面线刻向深度发展的第一步，其工艺是将画像刻画出形，沿形象纹路，略加剔凿形象细部，在光平的石面上呈露微凸。从而增强了石雕的表现力。

减地平钑雕法是隐雕的进一步发展，为了突出雕刻图案，将所表现的图案以外的空地部分薄薄地打剥一层，然后再于图案部分施以线刻，这可以使图案更加显跃。减地雕法可以认为是浮雕的始发形态，它打开了石雕装饰新工艺的途径。

早期石雕集中地表现在墓葬石构建筑上。汉前期多用线刻，汉末而以隐刻施雕为多，现存的实物，如山东嘉祥武梁祠石阙、石兽，临沂沂南汉墓，河南密县打虎亭一号汉墓（图9-4-1），四川乐山东汉岩墓群的雕刻都是汉代线刻、隐刻、减地雕法的较好作品。从整个汉代石雕来看，是石雕装饰技术初期的发展阶段。

除了汉代墓葬所见石雕之外，地面宫室建筑也采用少量的石雕，这主要是阶基部分。《西都赋》说：“玄墀扣砌，玉阶彤庭”。这里，所赞颂的“扣砌”、“玉阶”，是以石为阶。由是观之，当时的石阶视为新出现的事物。

南北朝时期，宫廷建筑更是讲求雕刻。《述异记》载：“元祖肇建内殿……阶琢龟纹”即是一例。随着佛教艺术传入中国，使建筑的石雕装饰得到一个划时代的大发展。石雕刻是佛教艺术中的一个重要组成部分，除去圆雕的佛像之外，佛塔、经幢等建筑上更有大量雕刻装饰。佛教建筑对宫廷建筑产生很大影响。在雕刻技术上也得到很大提高。这一时期，圆雕（混雕）、浮雕（突雕）已表现出相当高的水平（图9-4-2）。南北朝初期雕刻受到印度、中亚风格的明显影响，晚期则形

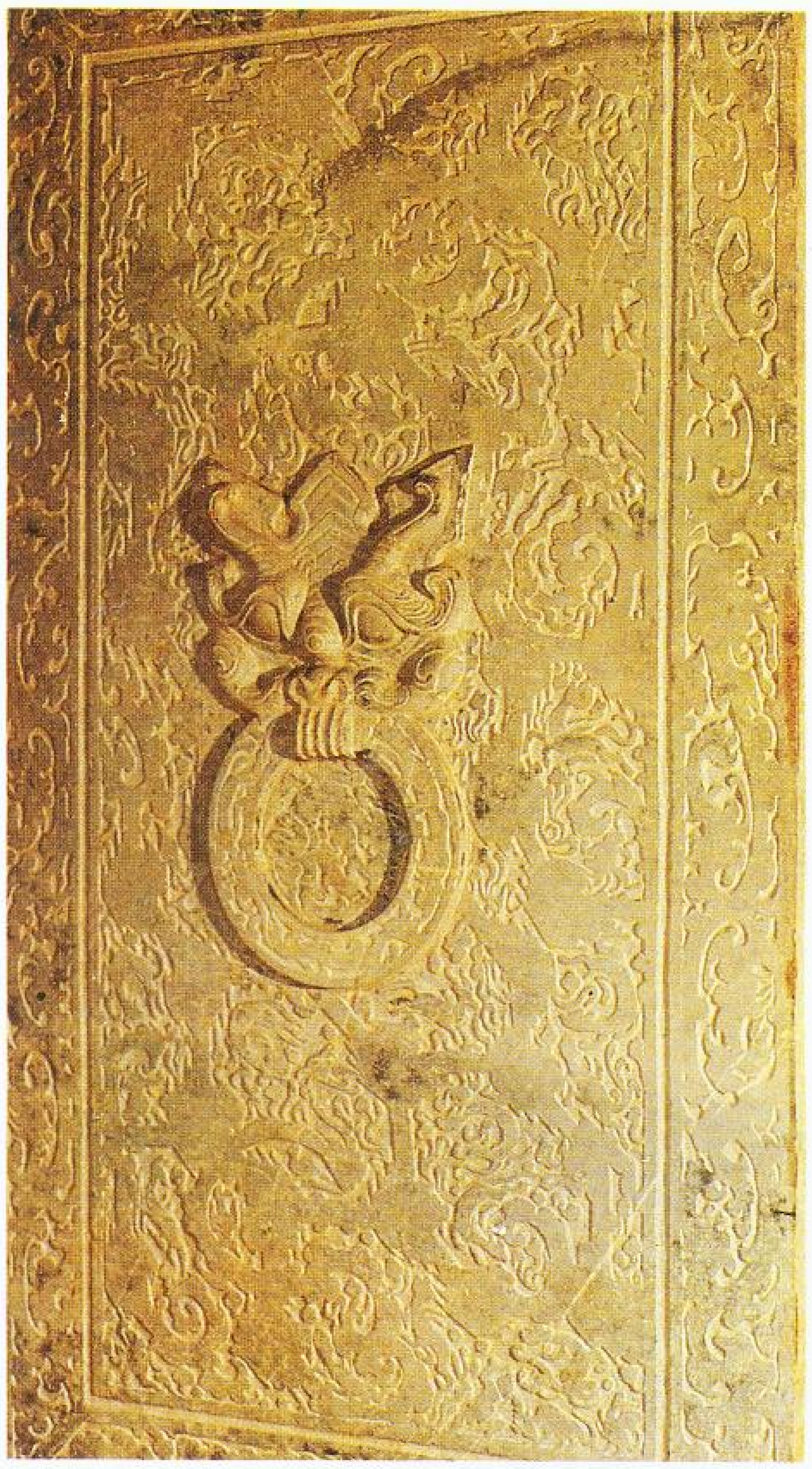


图9-4-1 河南密县打虎亭1号汉墓墓门

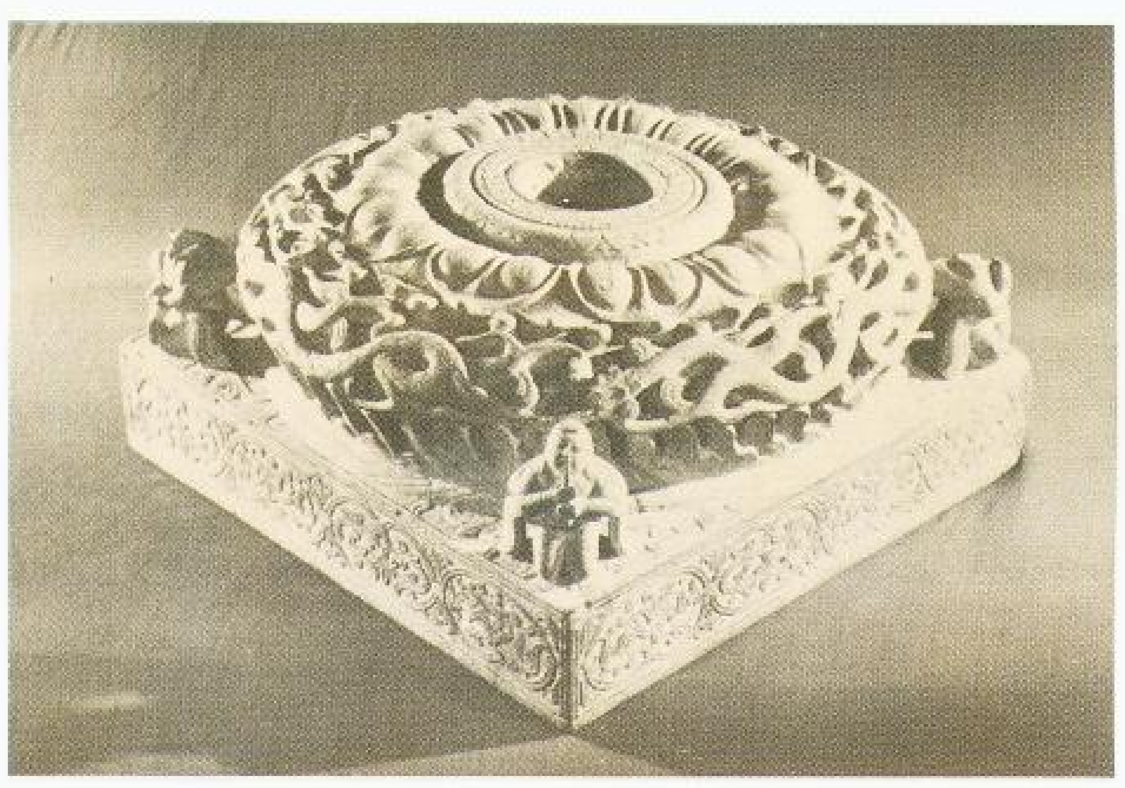


图9-4-2 大同出土北魏太和八年石雕

成民族化的东西了。

石窟的开凿是这一时期石刻的主要创作，例如大同云岗、洛阳龙门等，具有代表性。石窟雕刻的内容可分两项：一为佛像等圆雕，一为装饰性的背景浮雕。石窟寺工程浩大，仅就雕刻来说，工程量也是惊人的。

隋唐时期已完成了高度水平的新的民族风格的石雕装饰。《营造法式》石作制度中雕镌制度的所谓四等——剔地起突、压地隐起、减地平级、素平，则是历史上石雕技法的总结。剔地起突是以往的隐刻和突雕两者结合的新发展。突雕面上的变化，是使雕刻逐步走向立体化。南北朝时，突雕花草叶面硬刻出平的、凹的。但到隋唐以后，则多为软刻凸面（即突面，术语称混面）。由于突面可以使花枝叶有翻卷的表现力，故在隋唐这一时期用突面处理表现花草的自然形象，从此翻新了石雕装饰的花样。

线刻自唐以后，仍有较高使用价值。如西安唐建大雁塔门楣线刻佛殿图，在砖石建筑上则恰当地使用了线刻技术，表达装饰所需要的内容。在装饰性的雕刻上，如台基、柱础、碑碣座身及碑石花边等，均雕以花纹为饰（图9－4－3）。

隐刻及突雕（浮雕）以其有强烈的装饰效果，成为最通用盛行之雕饰做法。其题材，作为主体雕饰者多为人像，作为补配装饰者多为锦文花卉。证诸实物，有北京房山小西天诸画，河南登封少林寺初祖庵石柱力士像，北京昌平居庸关云台石雕天王像（图9－4－4）以及新疆突厥墓前石人碑均作隐刻处理。其采取云龙、花卉、生化题材的，如河北赵县安济桥栏板（图9－4－5）、正定隆兴寺摩尼殿石雕坛座、洛阳龙门奉先寺大佛背光都是优秀实例。《营造法式》石作功限条，凡坛座、柱础、角柱、殿阶基、地面压栏以及勾栏、柱础石等，莫不可引以为雕饰。近年元大都遗址掘得角柱石一块，两面雕压地隐起四季花，由此



图9-4-3 （1）苏州罗汉院宋代柱础



图9-4-3 （2）河南登封县圣德感应颂碑（唐）

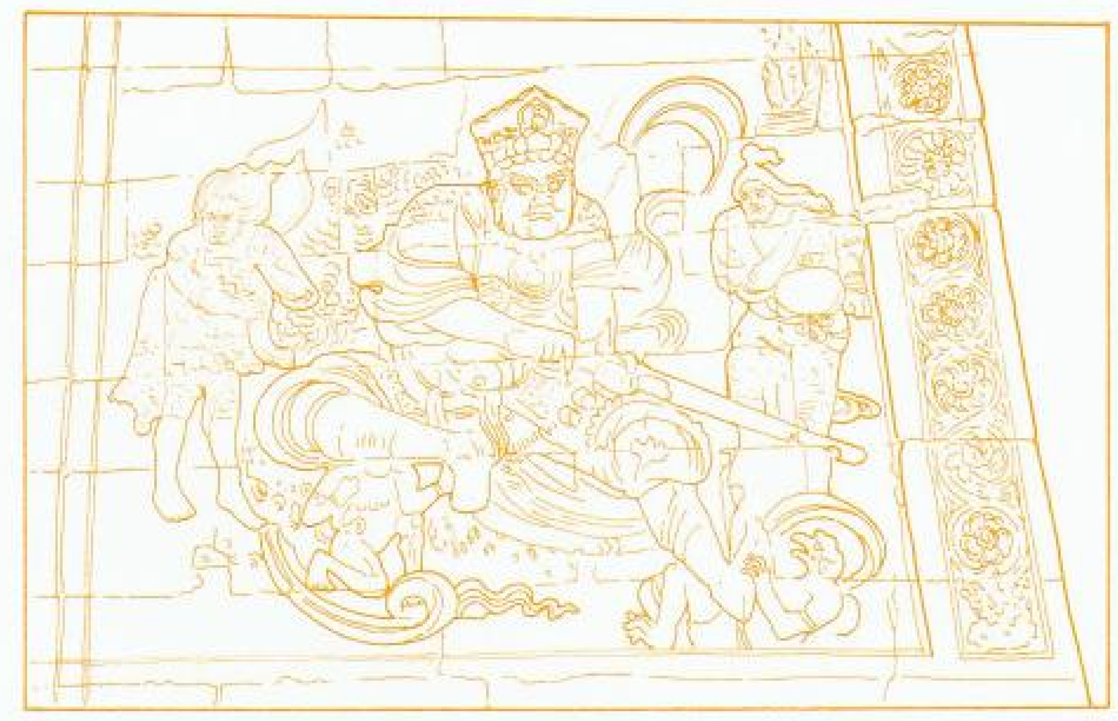


图9-4-4 北京居庸关云台隐刻天王像



图9-4-5 河北赵县安济桥栏板石雕龙

可以断知宋代石雕装饰遗制之风尚在。明清两代以木、砖雕饰占据了建筑装饰的主要地位，石雕由于材料较贵而加工又较困难，遂得不到更大的发展。然而在封建统治阶级的建筑上，仍有采用。到晚清，石雕受到外来影响，风格又发生明显变化。少数民族地区也融合了其民族的特色，如新疆乌鲁木齐之礼拜堂配殿角柱石雕即是一例。

明清石雕工艺逐渐趋向简化。除加工工序与前代相同外，其雕刻技术仍保持其原有的混雕、突雕、隐刻、线刻形式。为明确工艺术语，需要提示的是，元代政治的变革反映在民间语言方面也有翻覆的变化，因此在工艺上的称谓，也因之而异。如混雕，元时称“全形”；突雕称“采”（如采臌子等）；隐刻称“影”，当是为口语之音变；线刻系晚期的叫法。

全形雕在明代的做法是：在凿出全形后，其细部剔凿以混作（皆为圆面），力求形象表现自然。至清代，全形雕已简化为“影作”的雕法，即用钎打出全形后，其细部随其初形影刻出来。采地雕是表面上的雕饰。其突出面的变化，是区分采地雕历史发展变化的标准。明清两代，主要是因袭前代剔突雕的做法，而稍有变化。明代采地雕的突出面是为半圆混面的突起，着重地表现雕刻部分立体形象。采地雕发展到明末清初，半圆混面趋于缓平。目的是求其减少工作量，但仍能取得良好的表现效果。晚清以后，花纹图样已趋向平面或凹面表现，这是为了省工。隐雕本是剔剥花纹外缘，突出花纹图样，再行隐约分辨形象加以施雕。明清两代多用此种雕法，施作锦地、格窗或其他花纹图样。在石雕的发展上它代替采地雕的绝大部分，已为雕饰中的主要雕刻形式。

其雕刻形式和工艺技术，在明清这一工艺历史时期基本上没有显著的变化。

明清两代所存石雕遗物集中表现在宫廷、陵寝、寺庙等一些大型建筑群上。天安门等处石狮以及明十三陵的石人、石兽是全形雕的代表作。北京明建五塔寺及北京西黄寺清净化城塔(图 9－4－6)上的石雕佛像以及其他供养物均为采地雕之范例。单项装饰雕刻中，以北京明智化寺藏殿须弥座，石景山模式口明田义墓和清初肃王墓石龛最为细致。田义墓墓龛以及成组的供桌、供器，均是采地、影雕相结合的剔突雕，影雕万字纹、球纹、龟背锦纹地，地上采地突雕佛、八吉祥物、文房四宝等图样。其施雕方法颇能代表明清两代的雕刻风格。此外，大殿台基御路石（图 9－4－7)、栏板柱头、须弥座和券面石上的卷草、西洋草，其零星雕饰四季花、香草、云带、火焰等(图 9－4－8)，都是明清时代石雕的优秀作品。

地方建筑中用石雕的形式更为丰富，如安徽绩溪县石栏杆，以及浙江一些建筑常在墙上放置石制漏窗，构图和技法都很高超，也是精丽的石刻作品（图 9－4－9)。

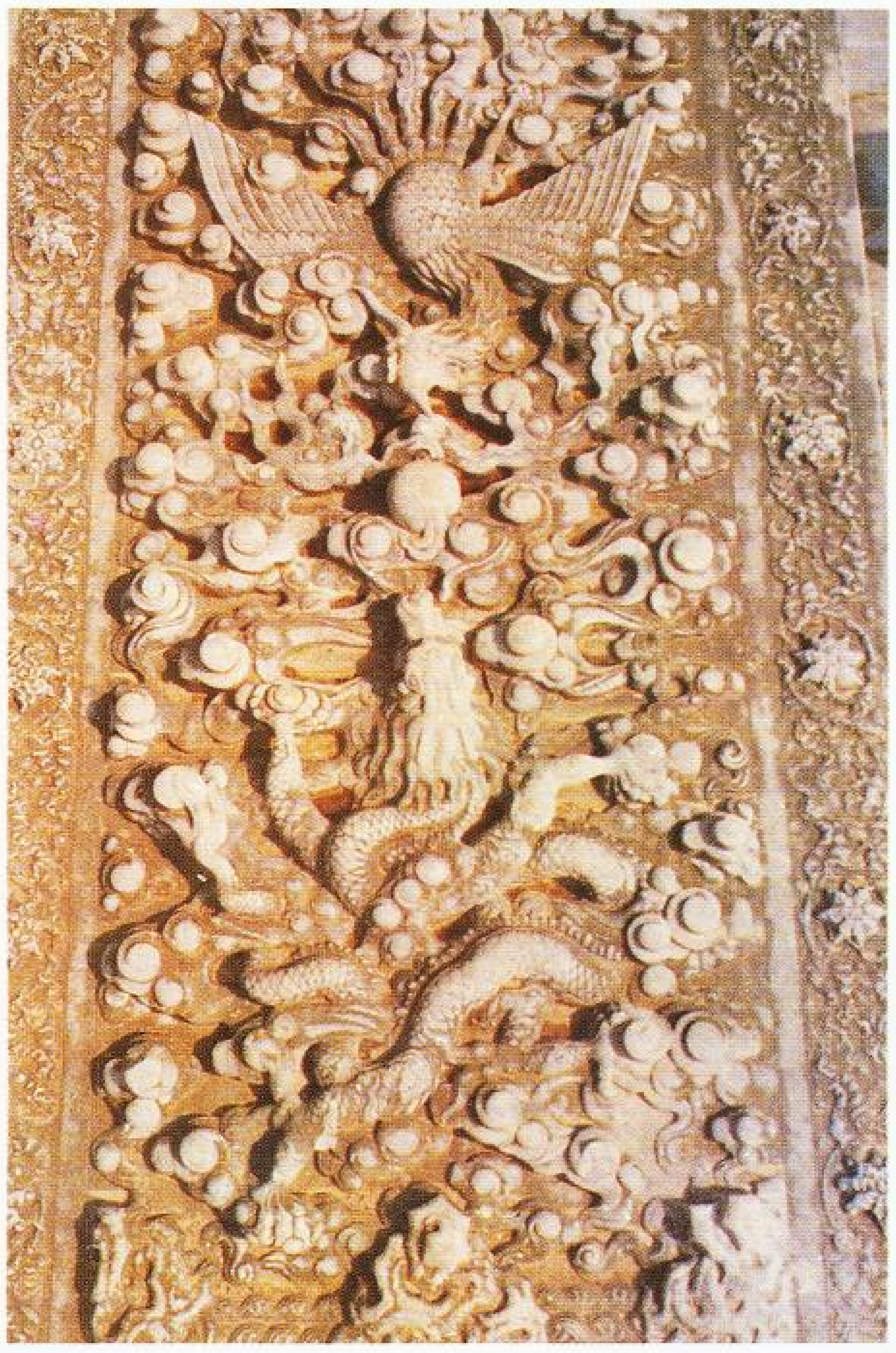


图9-4-8　(1) 河北遵化县清东陵慈禧太后陵隆恩殿御路石雕

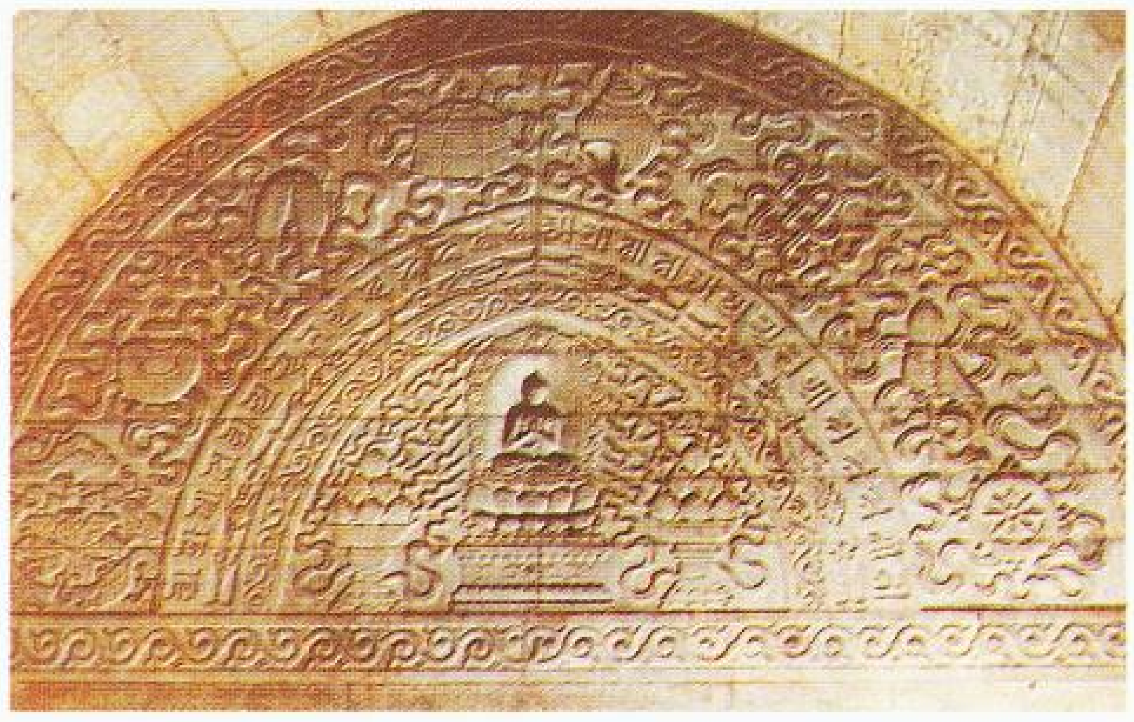


图9-4-8　(4) 河北遵化县清东陵裕陵地宫内券门顶部石雕

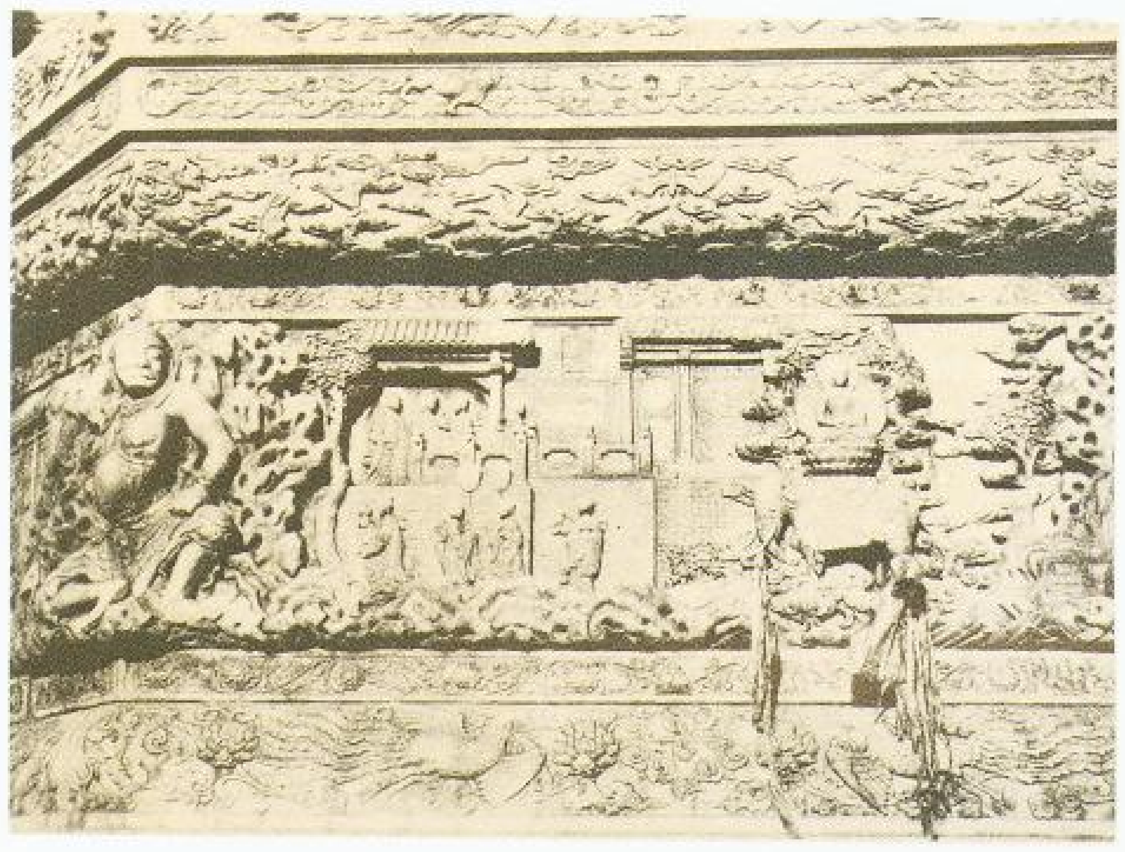


图9-4-6　北京西黄寺清净化城塔塔座细部

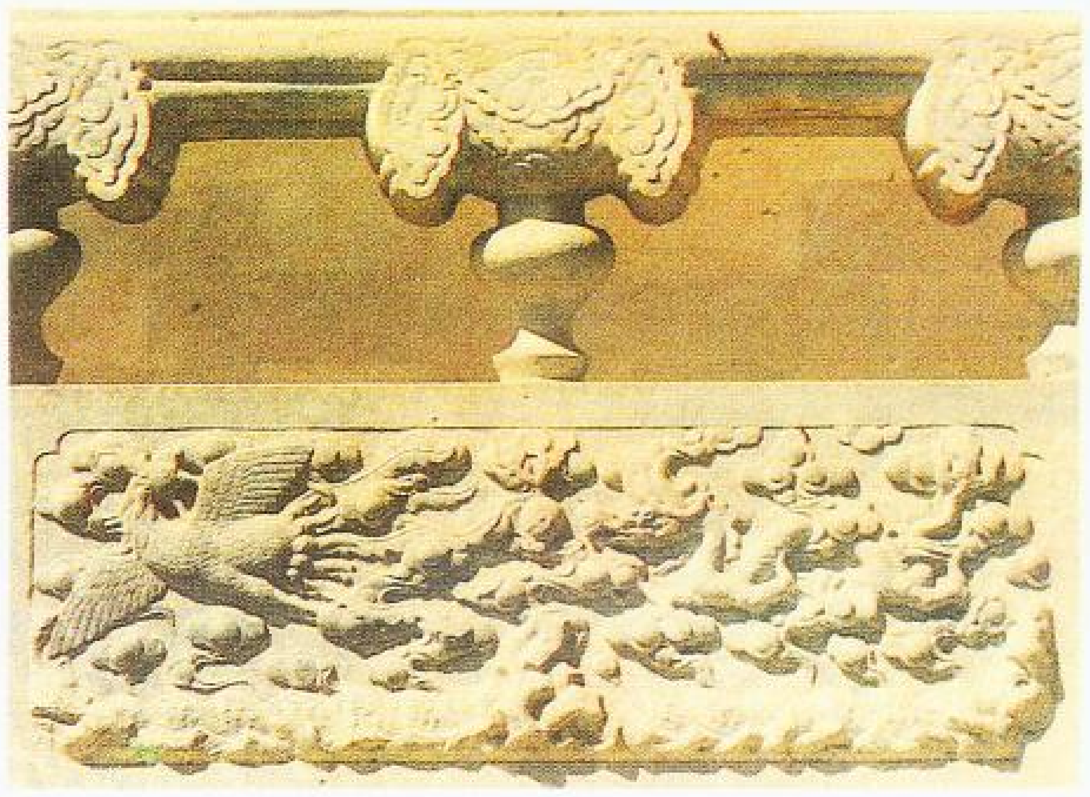


图9-4-8　(2) 河北遵化县清东陵石栏杆石雕

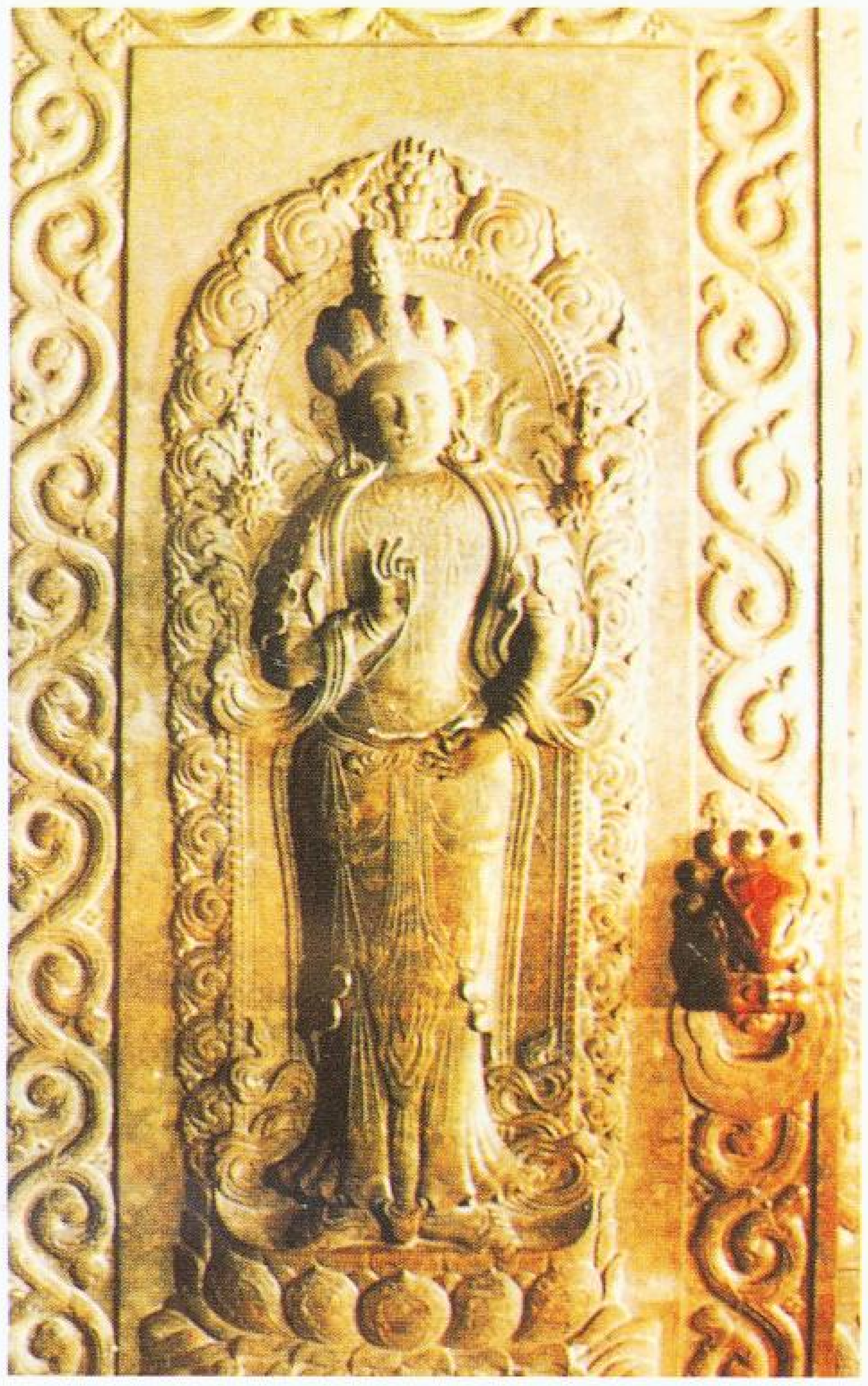


图9-4-8　(5) 河北遵化县清东陵裕陵地宫青石门石雕

图9-4-8　(3) 辽宁沈阳清北陵石雕



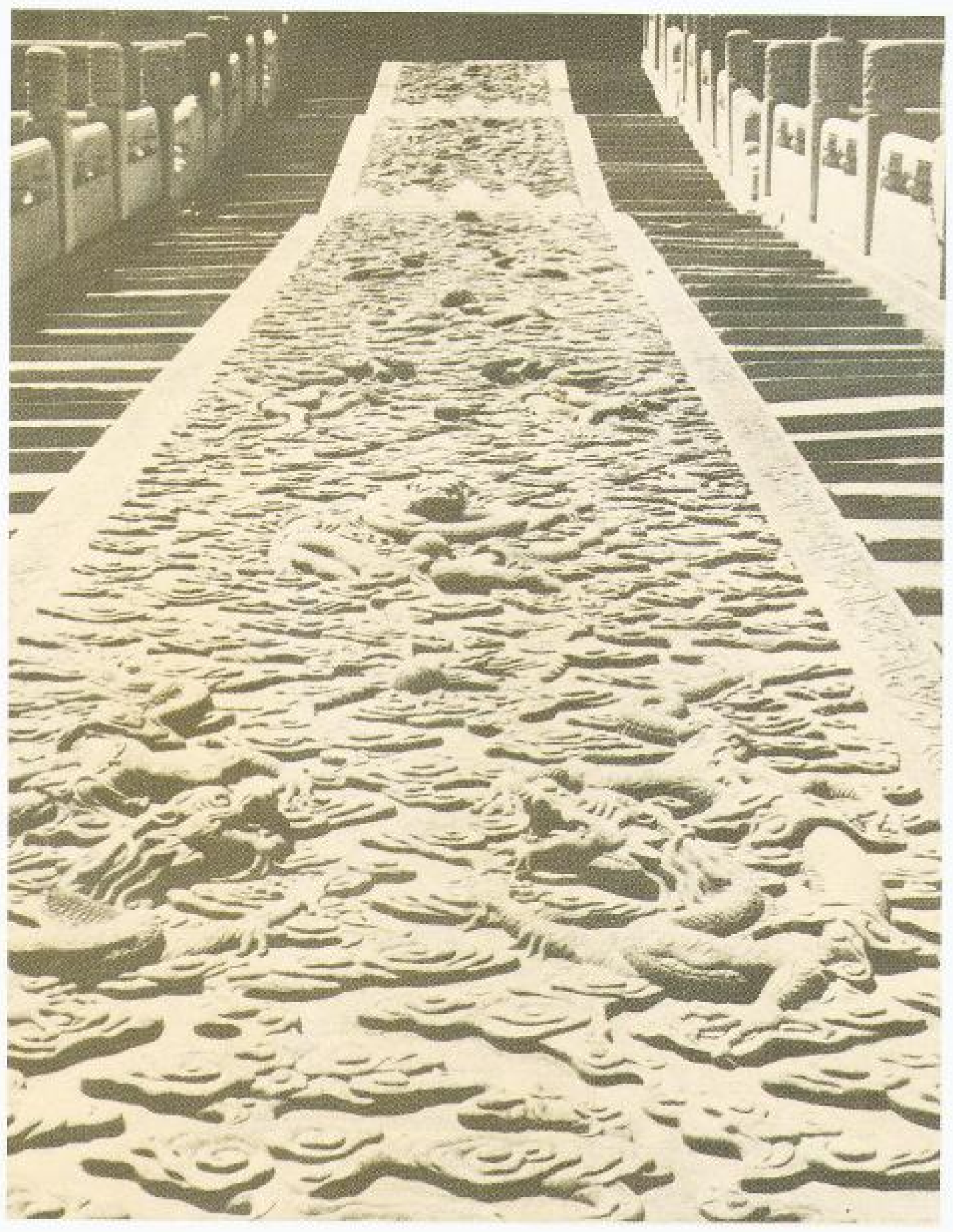


图9-4-7　北京故宫保和殿后檐御路

二 木雕

先秦文献已屡见雕刻木构以为装饰的记载，不过汉以前的建筑木雕装饰，缺乏实物。仅就文献记载，分析其施雕概况，借助出土木雕，推断其雕刻技术，作为木雕装饰史之补白。

奴隶社会，手工业奴隶是分工的。《周礼·考工记》说："攻木之工七，轮、舆、弓、庐、匠、车、梓"，此七工本同工不同作，故"匠"为匠人，"梓"为梓人，以明其事。然在"梓人"篇中所记，系属制器的小木作工艺，其中包括雕刻。在"匠人"篇中则专为营造，而不存在雕饰工艺。

初始的建筑木雕装饰以浙江余姚河姆渡遗址出土的木雕器物来看，是反映人们对自然界某种观念上形象的刻画。东周时期，按《礼记·明堂位》："山节，天子之庙饰"。究竟山节为何形象？或解释为在栌斗上绘以山形图案，抑或刻划亦不得而知。战国时期，"丹楹刻桷"已成为宫廷建筑的常规做法。据《鲁灵光殿赋》，更有胡人之像刻于楹间。这些构件上的刻画不仅起着美化的作用，而且表达着一定的意识形态上的内容。

关于早期建筑木雕工艺技术，可从出土木雕器物的制作略观其大体。

河南信阳楚墓出土的几案、木虎等是先秦木雕的珍贵实物。就其雕饰技巧来说，应与当时建筑上木雕是共通的。其雕刻形式总括有三：一为线刻几案。线刻是雕刻的初期形式，可以装饰木制器物的表面，同时似乎也可以装饰木构建筑的本身。新疆库东玛扎儿礼拜堂，梁架满饰线刻，状若蛇纹，古代所谓"雕梁"或即此类。二为桌几心满施突雕（图 9-4-10），其刻画纹路平阜，盖由线刻发展而来，与线刻形成一阴一阳相反形式。三为混雕木虎（图 9-4-11）切削成形，不尚磋磨之工，推断鲁灵光殿木雕人像装饰，应即是此类。此外，北京历史博物馆展出一件汉代木床榻，以六团花簇承托，视其雕法，已为剔地洼叶雕，叠落尚有层次，显然是战国以来的木雕传统。

南北朝时期的建筑木雕装饰，从文献来看已有记载。《拾遗记》云："石虎于太极殿前起楼，高四十丈……四厢置锦幔，屋柱皆隐起为龙凤百兽之形，雕斫众宝，以饰楹柱"。

隐刻木雕在建筑上的使用，是建筑木雕装饰的一个发展。然而隐刻于梁、柱等构件上的雕刻，却是有节制的，这种手法多用于非承重结构，如曲木、斜撑、悬鱼、惹草、椽头盘子以及门窗隔扇附属构件上。

隋唐以后，建筑木雕装饰状况，根据《营造法式》记载，可了解此期前后木雕工艺的概况。《营造法式》中与木结构有关的章节计有大木、小木、雕木三作。木雕工艺的发展，应是由构件刻画到木雕装配的装修。"雕作"制度按雕刻形式分为四条，即混作、雕插写生华、起突卷叶华、剔地洼叶华。按其雕刻技术分析，可分为混雕、线雕、隐雕、剔雕、透雕五种形式。混作本是全形之雕，即圆雕。线刻在木刻技术上称为实雕，故《营造法式》谓其雕法为"就地随刃雕压出花纹者"，本为线刻之引伸。隐雕在《营造法式》中归入剔地技法，而剔地分为两项：剔地起突卷叶、剔地洼叶。剔地本是对花纹以外空地的凿做处理。根据木雕特点，可以剔地，又可透空雕做。凡起突卷叶花草必须剔地，才能显示花纹突起。至于透雕，实际是剔地的极端发展，也就是说，完全剔除图案花纹以外的底板。

《营造法式》所记雕刻部位有平棋、华板、钩栏槛面、椽头盘子、悬鱼惹草、搏斗莲花、插花、角神、缠柱龙等。角神、缠柱龙多采取先混雕然后装配上去的做法。角神从现存实物来看，由于它附于殿堂角梁与斗栱之间，不仅有装饰上的意义，而且有承托作用。唯从元代以后，乃以宝瓶取而代之。缠柱龙雕从唐代就开始了，它的实例见于山西太原晋祠圣母殿前檐柱列。该木雕龙，非附柱所雕，而是以木剔挖龙身，分段拼成，曲缠柱上。

明清时代木雕工艺有进一步的发展。宫殿、寺观、会馆、官僚和乡绅的宅第以及园林建筑、商店铺面上莫不广施雕刻。目前全国南北方遗留的实物尚多，是研究封建社会晚期木雕技术的宝贵材料（图 9-4-12）。

属于外檐的雀替、花板、花牙之类的雕刻加工，始终保持着原有的一种粗雕形式。而内檐装饰木雕工艺，作为间隔区分空间的部件，要求近观，所以在材料质地和工艺技术精度上要求更高。这种专事内檐装饰的工种，称为小木作，与宋代制作装修称为小木作概念稍有不同。明清的小木作已成为细木制作雕饰工艺的代名。

明清时代交通的发展，使得南方木材北运，而这种细致的木材正是促成小木作工艺发展的因素。南方的楠、檀、梨、樟等高级木材最适宜雕刻装饰之用。

明清木雕更趋向立体化。宋元剔地雕即明清之采地雕。这种采地雕所呈露的花样不是平的雕刻，而且分层叠落，使之枝叶舒卷得宜，表里分明。至于宋元突雕，即明清之透雕或玲珑雕。这种雕法是掏空花地、穿枝过梗、由简到繁、由平面向突透方向的发展，是木雕发展的规律。

明清时代发展了历史上原有的两种雕法，而形成新的透雕和采地雕。由于技术上的改进，进一步发展了采地雕的雕法，创造出贴雕和嵌雕，从而把木雕工艺推进到崭新的阶段。

透雕本是镂空的雕法，能表现雕饰物整体的两面形象。故常以此雕法来处理划分空间、两面观看的花罩、花牙子等。明代透雕、剔雕、掏挖使花样卷瓣一卷、二卷、三卷，脉络清晰，花叶一翻、二翻、三翻，表里自然，丰富了表现力。

清代透雕更有所改进，它打破了历史上所惯用的花样等第，更向富有自然生气的花纹图样发展。它以采用整体花样形象为主，剔挖枝梗，搭落灵活，贯穿表露全部枝叶。透雕的形式与梗叶穿枝的内容是相适应的。采地雕是单面雕饰，它有表现突起花叶翻卷的能力，一般建筑广为使用，作为建筑外观上的表面装饰。此种雕法，传之已久，但明清时其花样突起部分的雕法更加变化。唐宋时花样突起是凸形的圆面。自明代以后，将其突起面增到凸、平、凹三种做法。清代突雕凸面上的变化，更走向立体化，根据花样层次分层雕刻。形式上虽然是单面的采地雕，但采取透雕

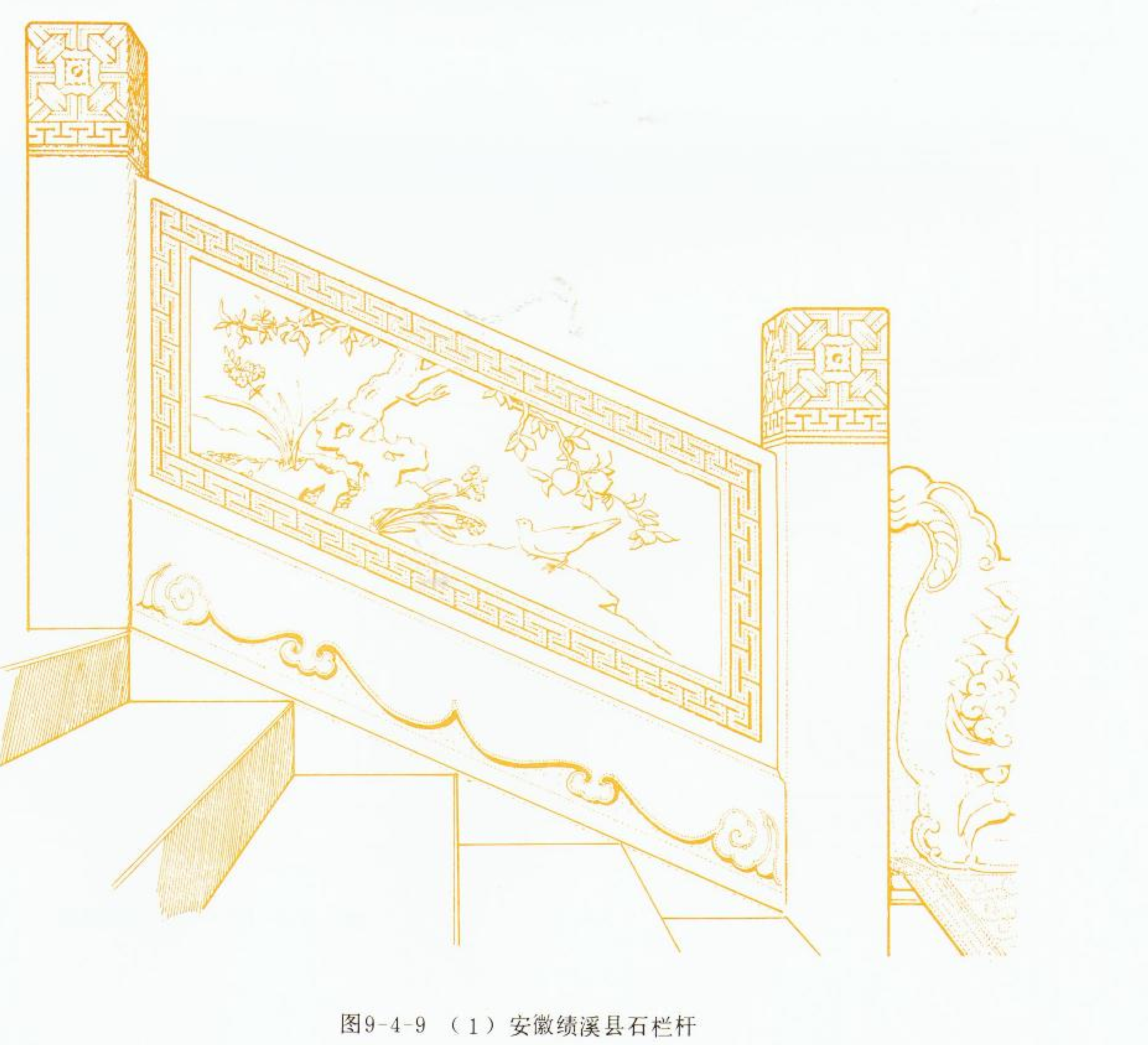


图9-4-9 （1）安徽绩溪县石栏杆



图9-4-9 （2）墙上的石漏窗

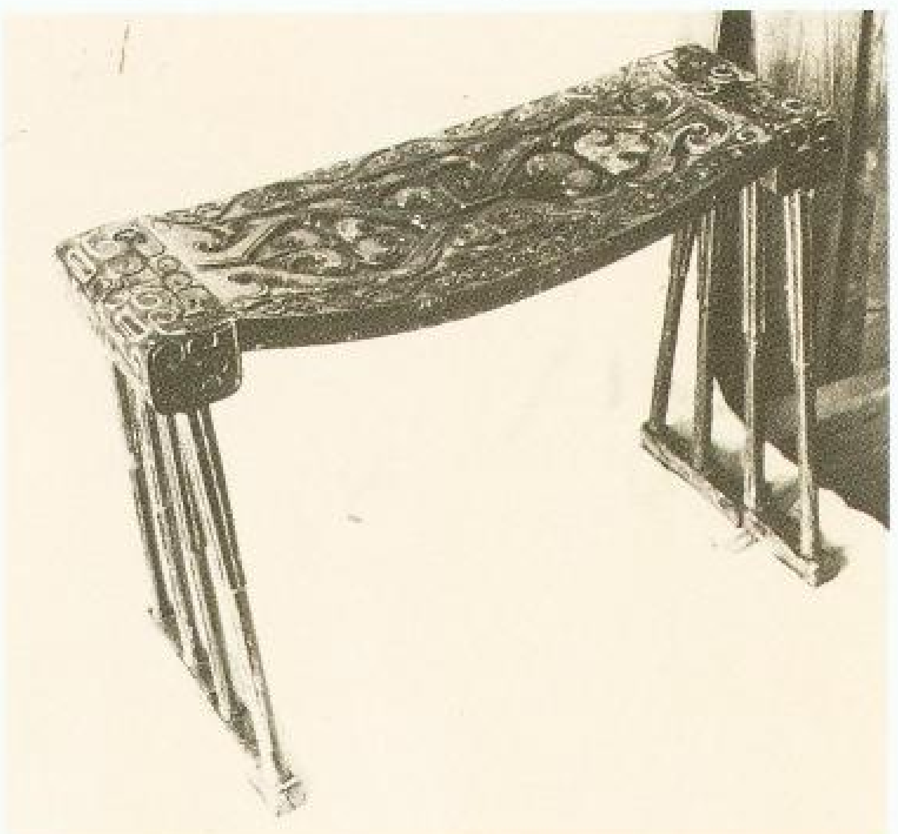


图9-4-10 河南信阳楚墓桌几



图9-4-11 河南信阳楚墓镇墓兽





图9-4-12 云南建水县大成殿木隔扇

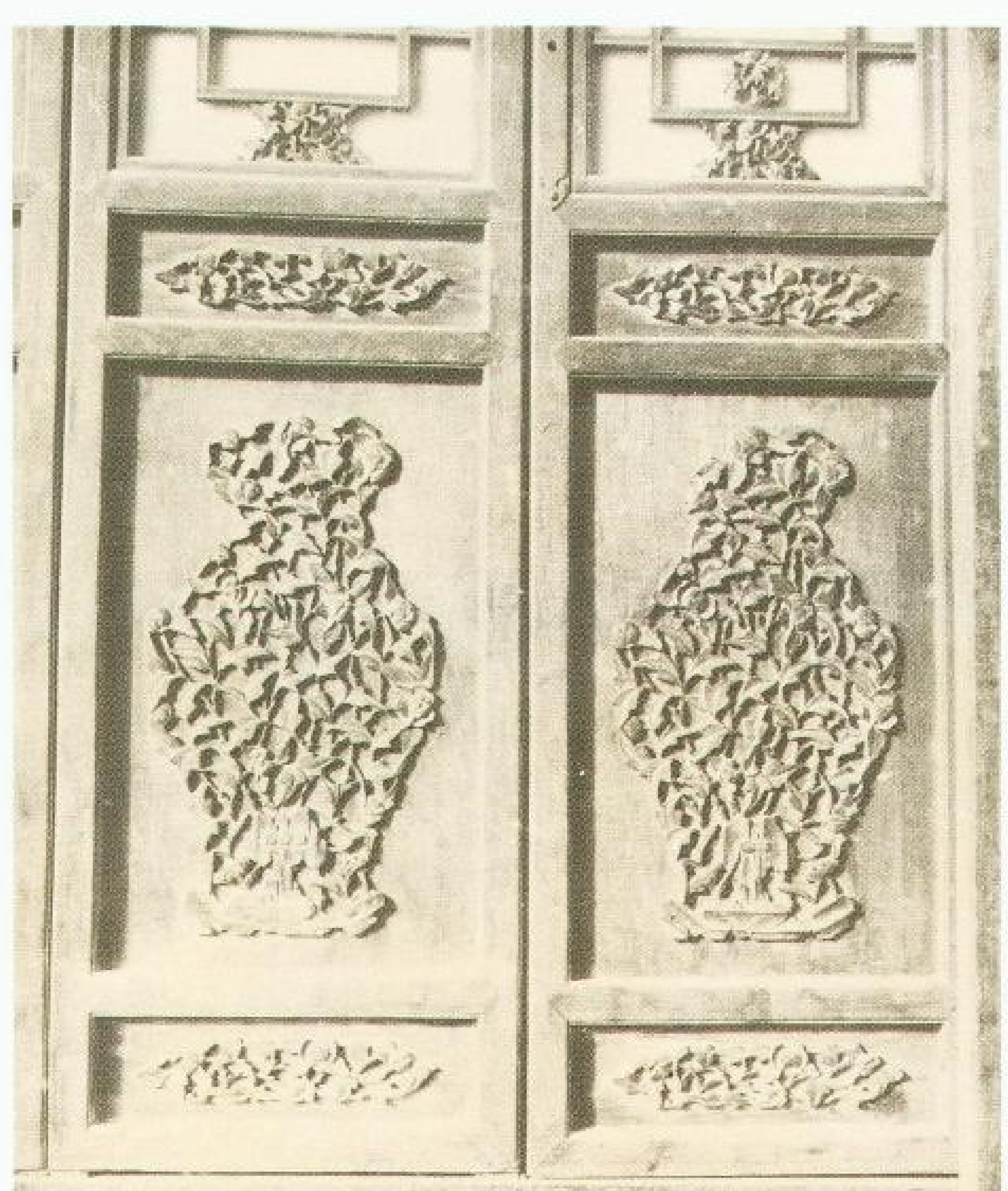


图9-4-13 北京颐和园内木雕隔扇

的方法，因此产生透雕与采地雕两者相结合的新形式。这样就丰富了原有采地雕的工艺技术，取得了采地雕上的透雕效果。

木雕工艺的发展，尤其是在清代倾向于表面装饰的要求下，促使它充分发挥了原有的木雕工艺技术的特点，劳动者在雕饰工艺中对工具的创造和改进有了迫切的要求，一方面希望工艺操作简化，另一方面希望求得更加繁复的新形式。因此，采地雕作为木雕基本形式，又向两个不同的渠道发展，产生了贴雕和嵌雕两种工艺。采地雕剔挖花样以外的空地，从工艺角度来说是费工的。而被剔挖突出面的花样是最上面的表层，这就使劳动者想象出它可以另行制作，以组合的方法构成采地雕的新形式。镂条锯的使用，解决了这个问题。它可使花样单行镂出，然后胶贴在板面上，以致形成一种贴雕技术（图 9－4－13）。这一种贴雕，能更有利地去掌握突出花样的尺度，从而简便了烦琐的剔雕程序。贴雕的出现，对内檐装修的装璜制作，起着积极的作用，并且得到广泛的使用。它不仅有简便的优点，还可以把不同的木色组合在一起，改变同一单调的呆板气氛。

嵌雕是采地雕的另一种发展形式。即在突雕的花面上，另以突出的镶嵌雕饰或别样木色嵌雕。所以嵌雕是细工采地叠落雕的进一步发展。嵌雕，如祥云间的龙凤，以另雕龙头、凤翅镶嵌之，始能有出入于云间的生动表现力。所谓沉之隐匿，表现云龙似出似隐。其手法是以别样木色贴嵌龙身，有隐没于空间之效果。所以，嵌雕或用插镶，或用贴镶，皆视其情趣为妙用。

木雕工艺在建筑和家具上使用居多，花样款式亦较繁复。在等第上虽然没有明确的严格的界限，但就其形式上看，也有等级上的差别。采地雕最为寻常，一般皆散见于建筑外部装饰，而透雕、嵌雕，大多为统治阶级所占有。透雕有两面表现能力，在建筑外部者属花板一类，在建筑内部者皆为分间花罩等。精致的透雕，以北京宫廷、花园之堂轩内檐装修为代表（图 9－4－14）。南方一些大宅还雕饰梁架，外檐木雕也十分多样，构图比较灵活（图 9－4－15）。嵌雕的做法，山西最常用，如五台山显通寺等处大殿外檐罩牙（图 9－4－16）或具有嵌雕意味的梁架雕饰，是表现建筑外观的地方手法，是贯穿透雕、叠落嵌雕工艺的集中典范。贴雕由于工艺略简，其所施工料有高有低，而工艺技术却为一般所常用。木雕工艺的全形雕大多不作为建筑装饰，而是单项工艺。承德普宁寺大乘阁木佛像高 22 米，是巨型全形雕稀有的杰出作品。

明清时代雕饰工艺技术，尚包含附属的加工技术。它是随着木材的使用而产生的。明清这一时代内檐装修用料，均为楠、柏、椴、黄杨等木。这些硬性木材雕饰后大都加以水磨、染色、烫腊处理，以求木表之光泽。

明清两代所采用木雕花样图案，追求所谓高雅或富丽。高雅，则在鉴赏性的古器物中寻求题材，致以构成博古式的图案。富丽，则取福禄寿喜等祥瑞题材，并加彩绘施金。此外，还借意于自然花草作为所谓修身之雅训。所有这些，在木雕装饰中或单项或混合某种式样，以做雕饰构件之内容。雕刻构图上的形式，则有团、环、工字卡等。兹将主要花样款式列下，以示木雕工艺装饰内容。

汉文式	采古汉文花样图案
夔龙式	采古铜器物图案
夔凤式	采古铜器物图案
玉块式	采拟玉璧图案
夔蝠式	拟作夔式蝠
竹子式	采自然花草图案
蕃草式	采自然花草图案
各式花草	海棠花、松竹梅、灵芝、西蕃莲、石榴花、牡丹、水仙花等
款式内缀饰图案	博古、福、寿字等

此外，自两宋以来江南小木作创造了用翡翠、珠玉、珊瑚、螺钿、牙角之类的镶嵌，明清所谓“江南周制”的工艺，即承袭这一传统。这种木雕镶嵌多用于家具器物，极少用于建筑装饰。

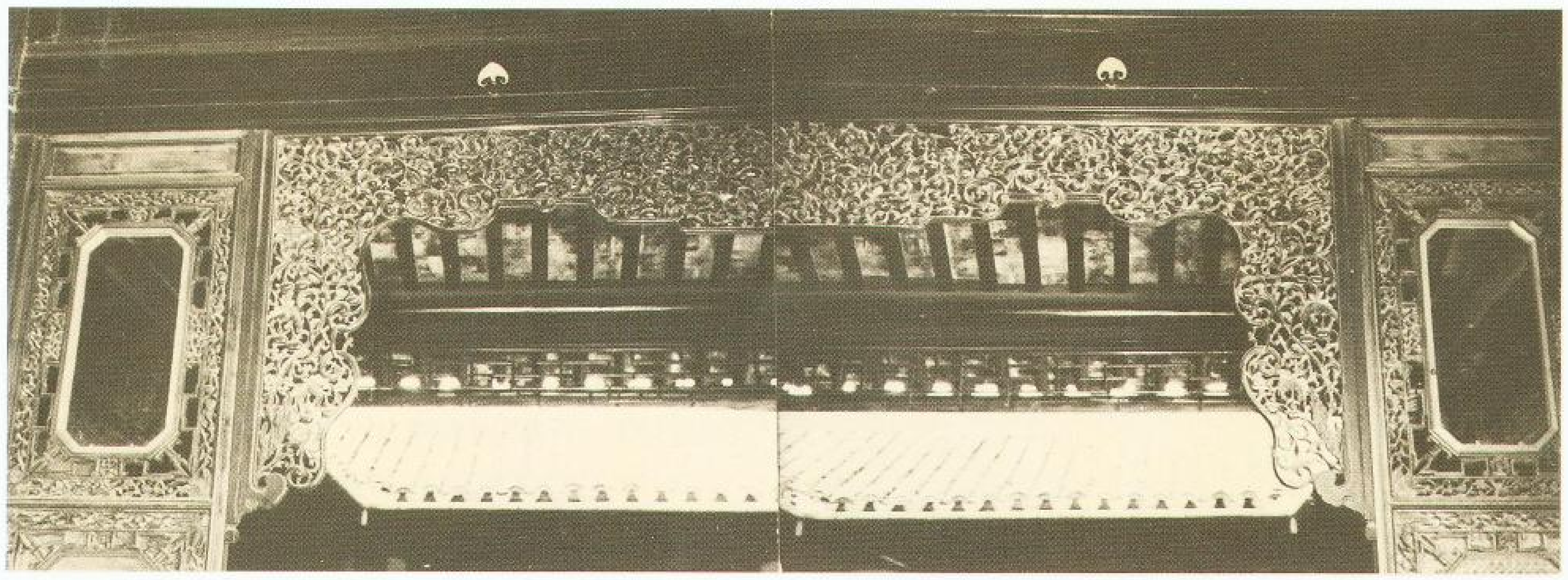


图9-4-14 （1）苏州留园花罩

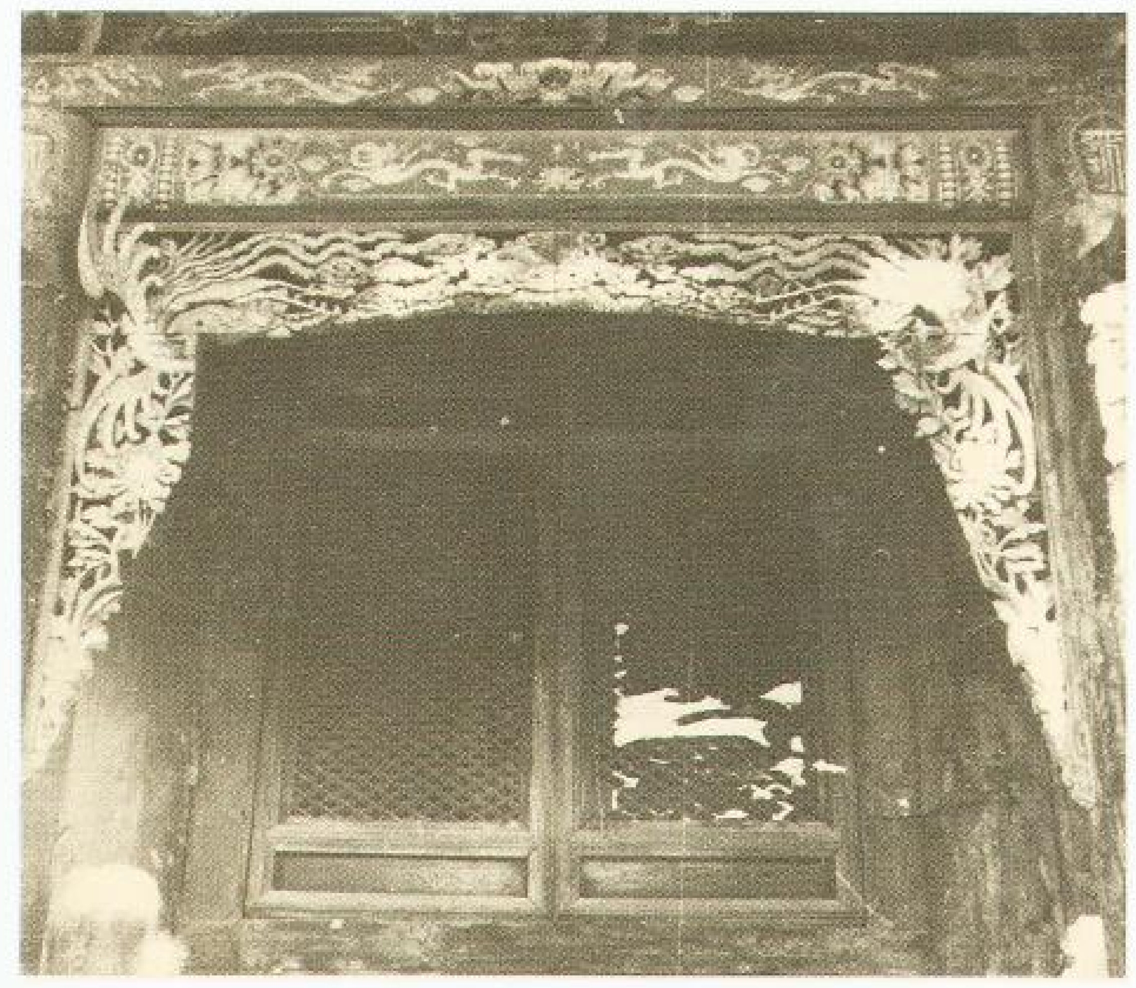


图9-4-16 山西五台山显通寺木雕花牙

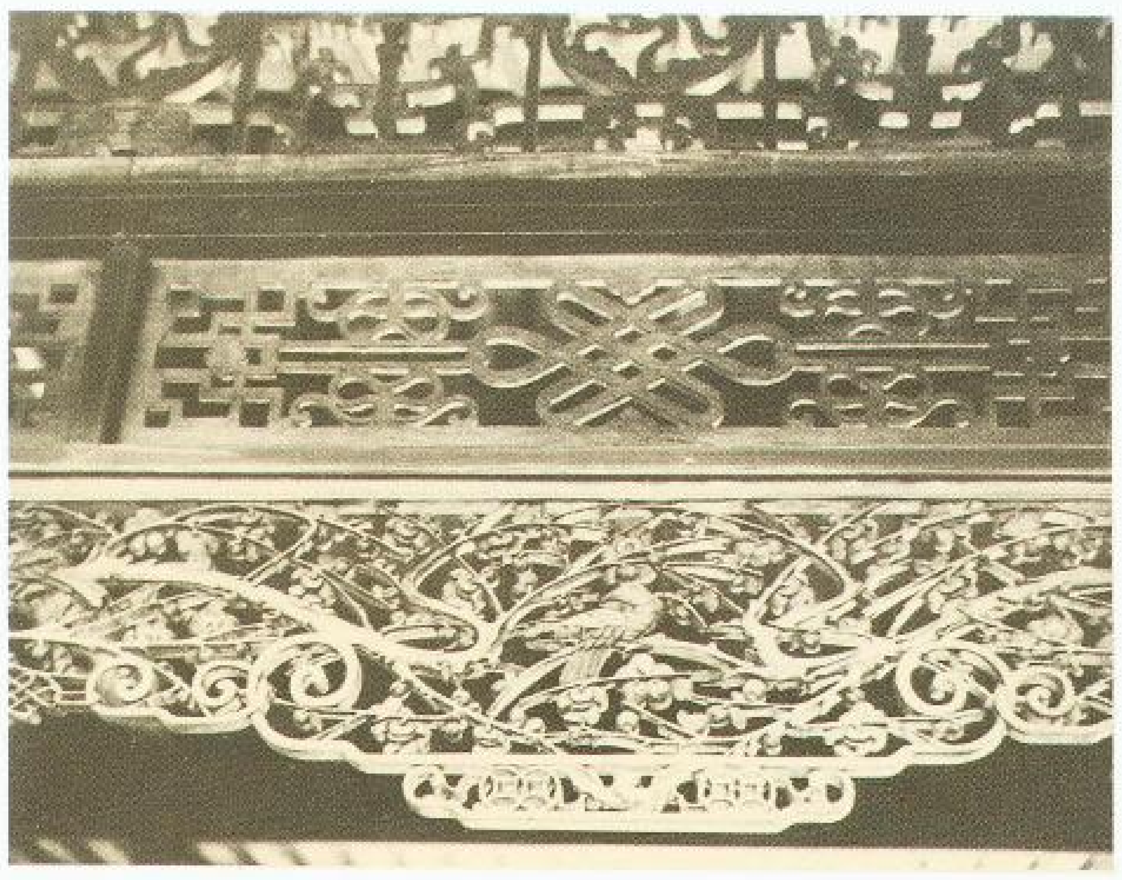


图9-4-14 （2）苏州网师园挂落



图9-4-15 （3）浙江东阳卢宅大厅外檐木雕



图9-4-17 （1）四川彭县东汉墓出土画象砖（双阙）

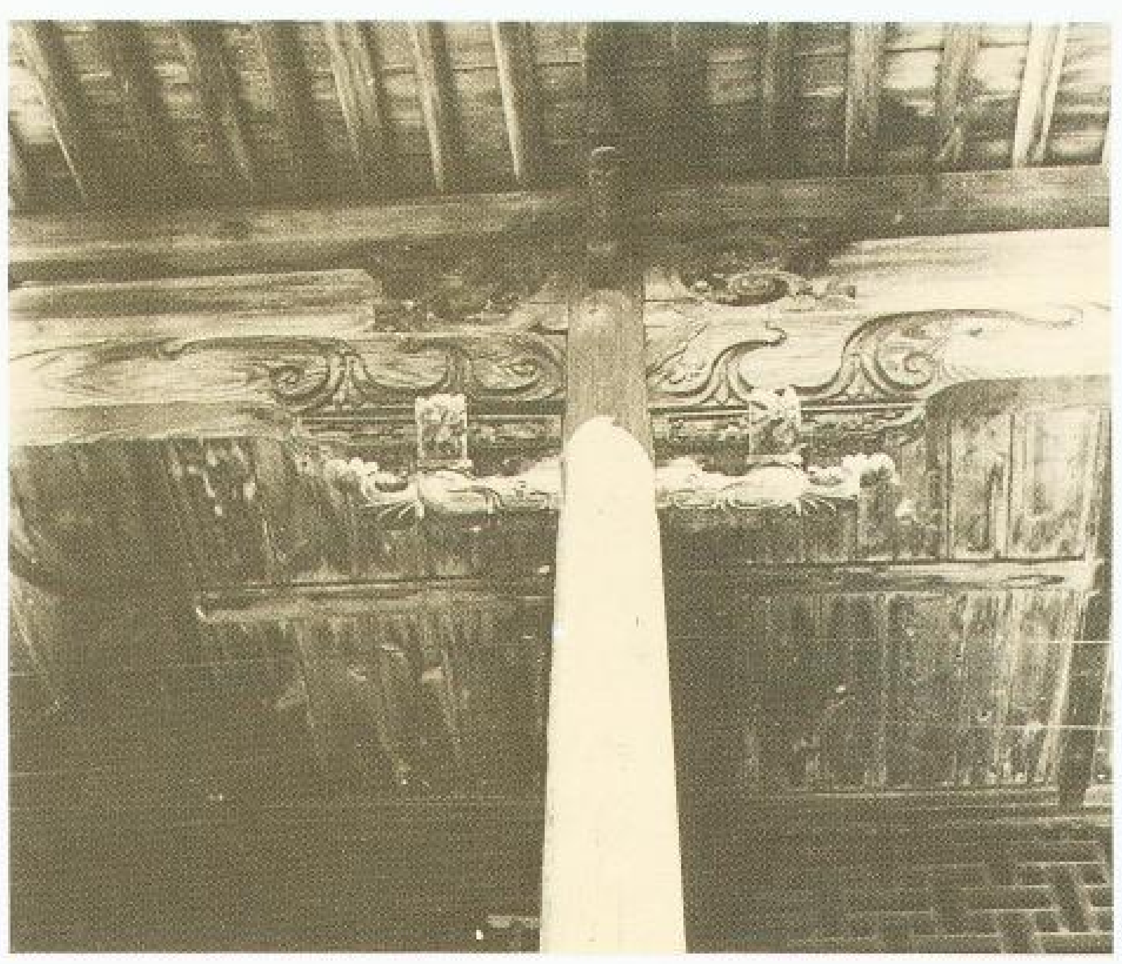


图9-4-15 （1）浙江东阳卢宅厢房梁架木雕

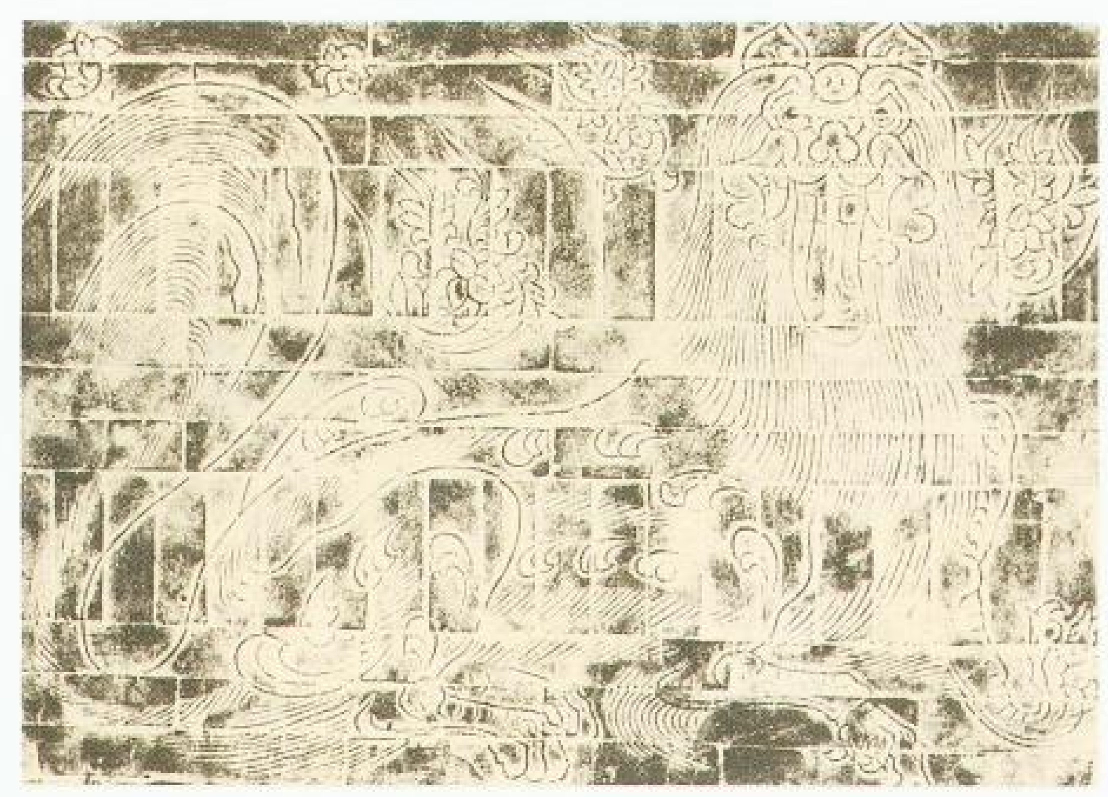


图9-4-17 （2）江苏丹阳南朝墓砖刻壁画

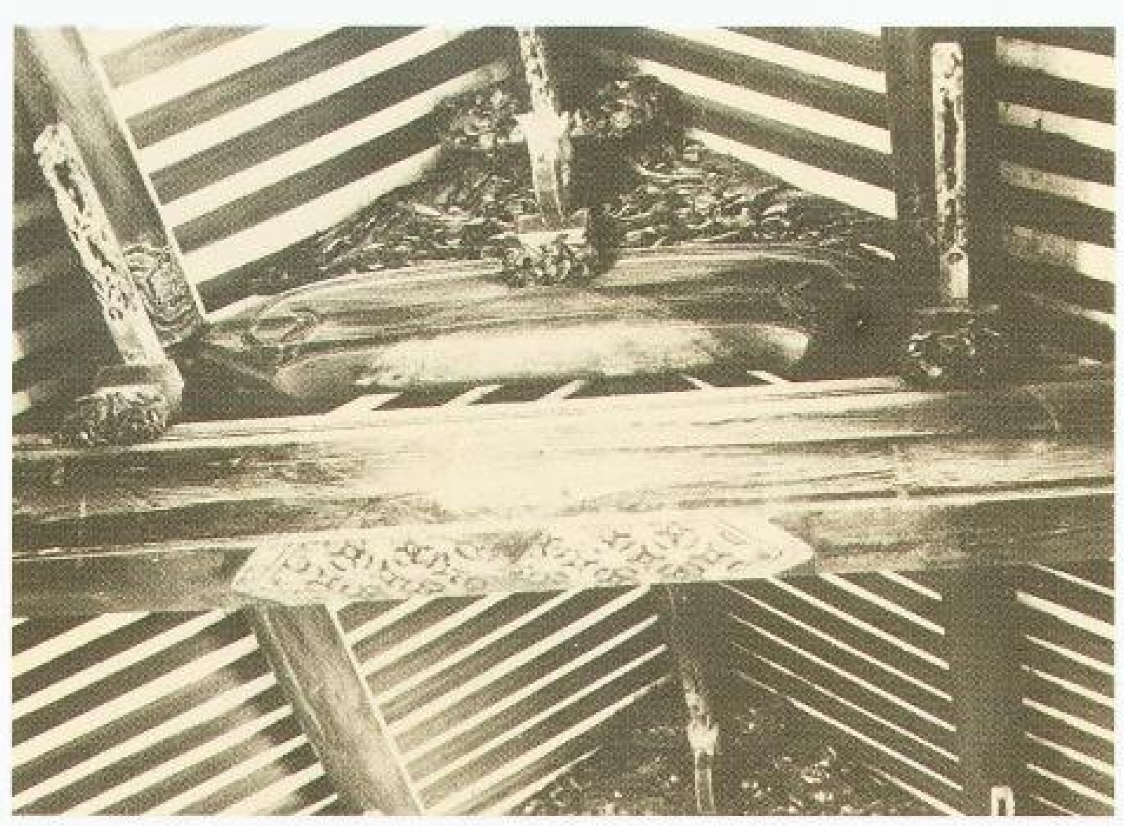


图9-4-15 （4）苏州扬湾明善堂梁架上的彩画、木雕

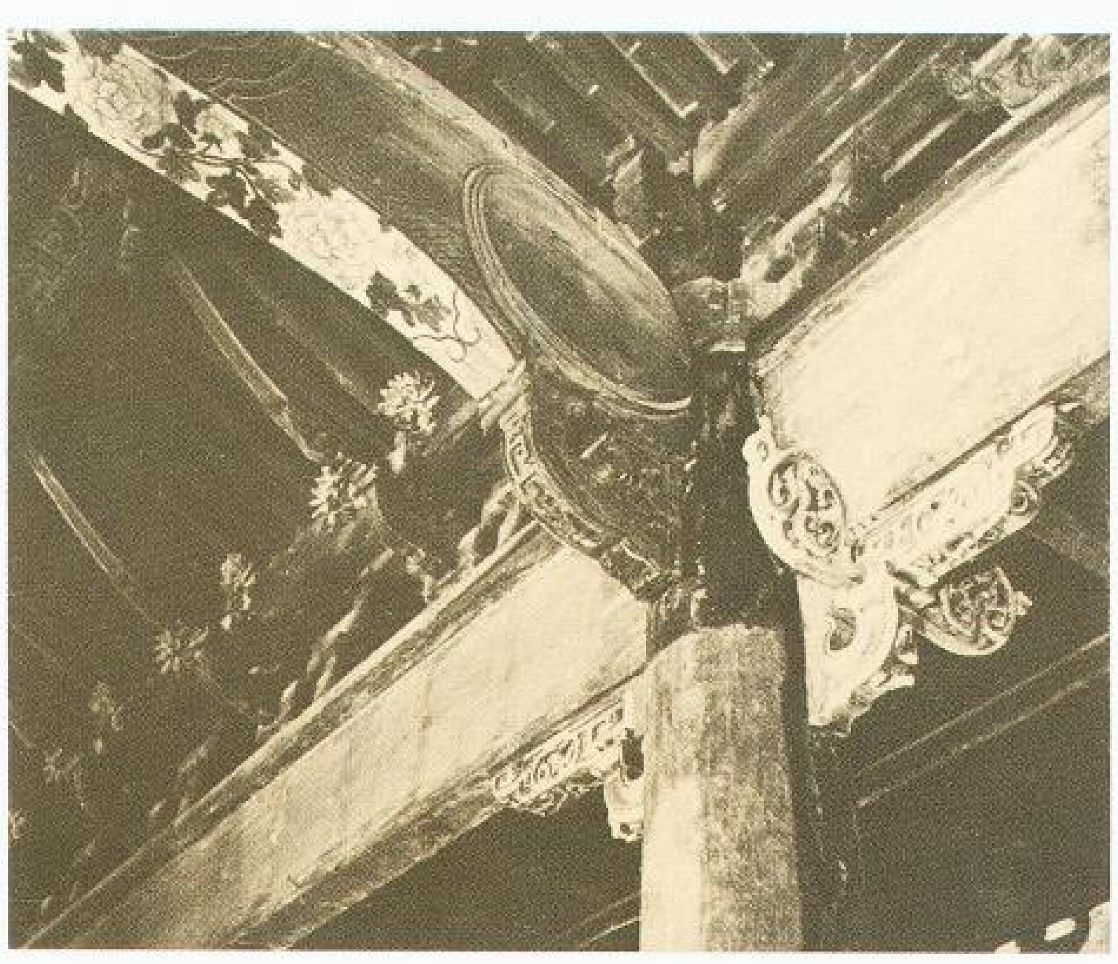


图9-4-15 （2）浙江东阳卢宅大厅梁架彩画、木雕

三 砖雕

砖雕这一特有的工艺，是随着建筑的发展在砖构工程扩大使用的条件下出现的。

从东汉发展起来的砖石墓经过魏晋时期的战乱，社会经济衰落，廉价的砖墓则迅速地代替了石墓，因此也就促进了砖构工程和砖材料装饰的发展。

文献中所称“文砖”，就是一种模制的花纹砖和画像砖，用以组装砖构的陛阶，或墓葬内的装饰壁面（图 9－4－17）。 这种砖， 纹饰在窑厂制作。因窑作工艺复杂，所以才有砖雕的发明。

砖雕模仿石雕的做法，但比石雕省工。象山东晋墓之砖刻墓志，便是早期以砖代石之例。甘肃嘉峪关晋墓嵌饰砖券墓内门楣上的三蹲兽和门两侧的牛、鸡，是早期砖雕装饰的实例。

新出现的砖雕，由于未掌握材料性能，凿做多甚简陋。南北朝时期，倡导佛教，大量砖造佛塔促使了砖雕技术的发展。河南登封嵩岳寺塔，是砖构建筑。其中用砖模拟木结构的斗栱、柱、枋，各层平座、腰檐的砖斗栱之类也起着装饰的

作用。此外，壁面还有一些宗教题材的装饰花纹图案的雕刻。

南北朝佛教建筑采用砖构工程，并大量使用砖雕装饰，继之隋唐更有进一步的发展。

宋代砖雕工艺附属于砖作之内，《营造法式》砖作项包括垒砌、砍磨砖、砖雕凿做三种工艺。对砖块的加工称“斫事”，斫事所讲的“事造剜凿”，就是砖雕。在砖作制度条内对垒砌技术、砍磨技术都有较详记载，但对剜凿技术没有具体阐述，可见当时砖雕技术的使用极为有限。砖雕的类别分为地面斗八、龙凤、华样、人物、壶门、宝瓶等。“阶基、城门座、砖侧头、须弥台座”之类，就其使用性质看，皆是建筑的阶基部分。建筑基座和台座的使用，是砖雕发展的起源，是砖雕的重点所在。《营造法式》砖作制度内有须弥座条，石作制度内的角柱、殿阶基两条内有叠涩座做法。两者形式不同而同出一源。南北朝时的佛教石窟、佛座为叠涩形式，到唐以后，演化为须弥形式，其区别仅是叠涩座间加合莲仰莲各一层，故称须弥。须弥，盖取象佛界须弥山，由此而有建筑上的基座形式，并在石作、砖作上立为制度，同时并用。

唐、宋、辽、金这一历史时期，大力建造寺庙、佛塔砖构建筑，是砖雕工艺技术由发展到成熟的阶段。初期的砖作，或为寺庙的佛坛，或为砖塔，都是大量的砖块加工，砖雕不过是其中的一小部分。若以装饰而论，仅是开始。如山西五台南禅寺和北京辽塔等，其佛坛、塔基座，皆是砖雕须弥座形式。座之束腰壶门内，贴嵌花卉、伎乐人物等带有宗教意味的砖雕，是当时砖雕在使用上的装饰法则。但到宋代以须弥座作为建筑基座时，才纯熟了砖雕工艺技术，确定了砖雕作为外观装饰的使用，在《营造法式》中列为定制。

元代砖雕比较盛行。元大都遗址出土有格文锦方砖雕及花盘砖、砖雕走兽等。元代建筑首先改造了原有的瓦条屋脊形式，替之以砖作屋脊。这一创举，大大节省了工力。从此以后，砖雕已由建筑基座部分转向屋顶以及其他部分，正式走上了建筑装饰的道路。

在砖雕发展的过程中，初期也不见线刻，是因为砖的质地较松，线刻效果不好之故。唐宋时期砖刻雕饰，多是嵌面的，采用剔地、隐刻雕法。这也是砖雕初期做法。如南禅寺佛坛壶门内花卉，即为剔地隐刻。北京房山辽塔坍毁清理时，发现内塔有砖雕花栱的构件，无疑是摹仿五彩遍装彩画斗栱形式雕做的。栱面满施翻叶大花（图9－4－18），形象丰满舒放，采取的也是隐刻雕法。工匠们在长期实践中，认识到花叶需要层次的表现，于是在宋、元时代的砖雕中已向突雕发展。此时，不仅有翻叶花，而且有了枝梗、搭落的雕作。在表现方法上，力图生动活泼；在技术上摹仿木雕形式，从而使砖雕工艺有了新的风格。

砖雕原属砖作之内的工艺。自明清时起，砖作斫事渐繁，另有分工，而成“凿花匠”一业。

砖雕工艺在建筑整体中是外观装饰，通常以住宅、府第门庭和屋顶做为装饰重点。门庭部分，两侧肩墙和影壁大多施以砖雕花样（如中心花、



图9－4－18　北京房山北塔砖雕栱

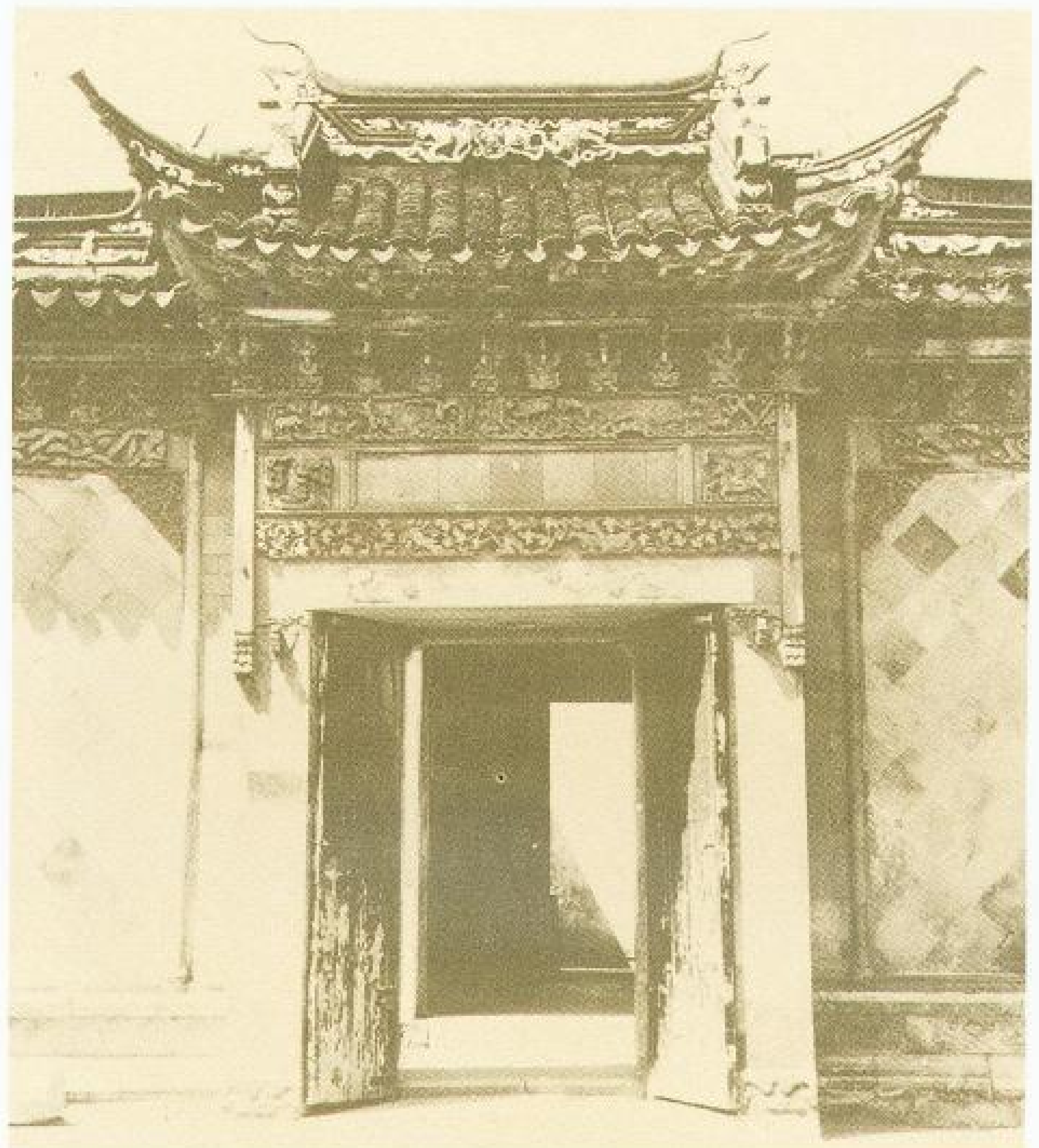


图9－4－19　（1）苏州扬湾明善堂砖雕门楼

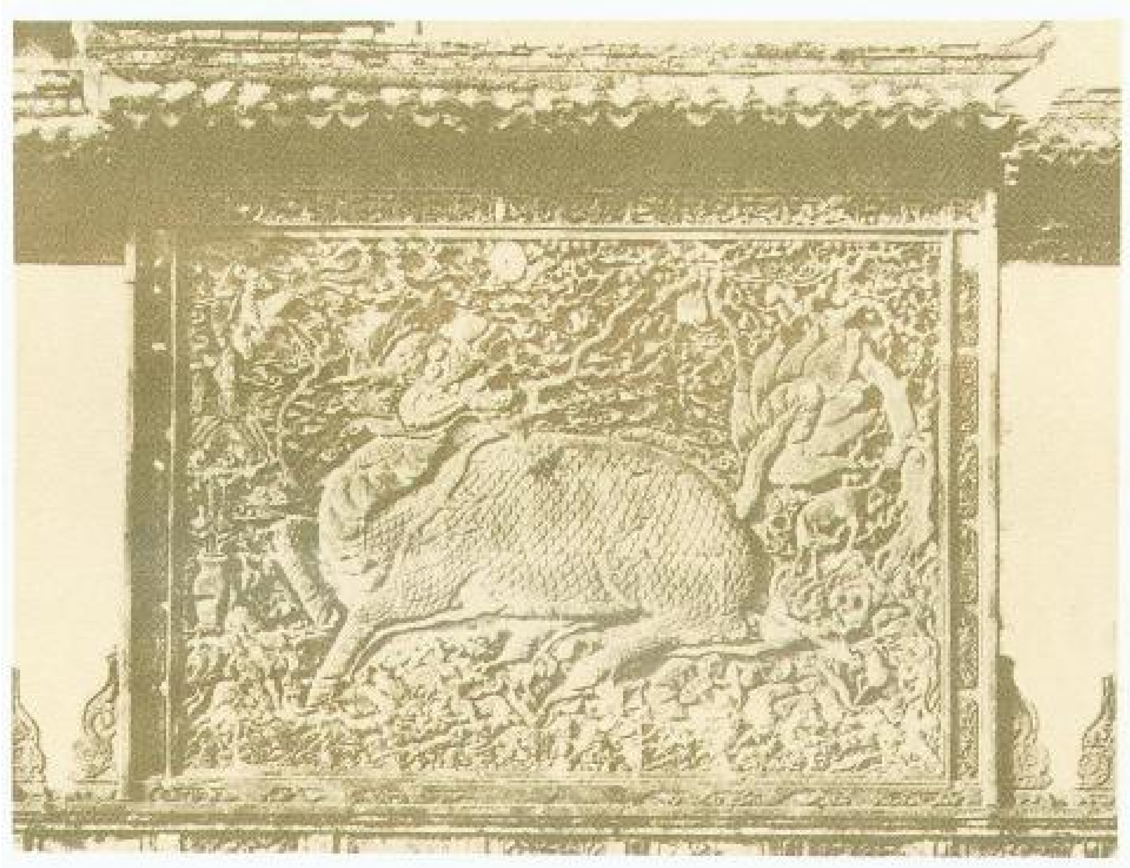


图9－4－19　（2）上海松江县砖刻影壁

岔角花之类），这些砖雕都是点缀性的。民居第宅，则以砖雕组成如意门，表示其门庭富丽，这是北方做法。至于南方住宅大门部位的雕饰，则是整个立面大面积处理（图9－4－19）。砖雕之脊饰，寺庙殿堂、府第堂轩多用之，多以香草、翻叶花、龙凤等为题材；民居脊花皆以透雕、剔地雕刻四季花草、松竹梅、福寿字为其装饰。这些雕饰工艺皆是街头小巷最常见的，其用之最精的莫过于苏州地区的画幅式砖雕，在观感上它和木雕一样地起到了玲珑剔透的效果（图9－4－20）。明代以后建筑物以砖封护作为加固基座墙身的办法。这种大量使用砖面的做法，给砖雕工艺的发展提供了条件。砖山花的出现和砖券门的雕饰，均是这一时期的新创造。清代工匠术语中称砖雕工艺为“黑活”，黑活不受等级制度的限制，因此一般宅第、会馆、寺庙、店铺等均有大量的砖雕，达到砖雕发展史上的顶点。

明清两代砖作保持了一定的传统做法，即砖作砍琢和窑作预制花砖。花砖的使用仍是砖构建筑装饰不可缺少的。因此，明代窑作对堆塑花砖的烧制技术较前代更有进展。明代的砖雕技术，除斫砍“全形”的构件外，还是多采用剔地雕，一般做法仍是花样浅刻，枝叶皆为平面或混面，完全承受了传统砖雕的朴素做法，江南多有木雕的纤细风格。

清代的砖雕技术，是在剔地的基础上加以扩展形成多样化，以满足建筑装饰的需要。凡是单件的砖雕（如屋脊装饰中的脊花、分脊花之类），将剔地雕进一步发展成透雕形式，反映出砖雕对建筑外观装饰上所起的作用。砖雕较之木雕，在施雕技术上有一定的约束。但是它在图样要求突出的时候，仍大胆仿照木雕的嵌雕形式来进一步创作砖雕工艺上的嵌雕，如府第大门墀头檐砖上的狮子头或大殿脊花等，都是使砖雕技术走向立体化的例证。

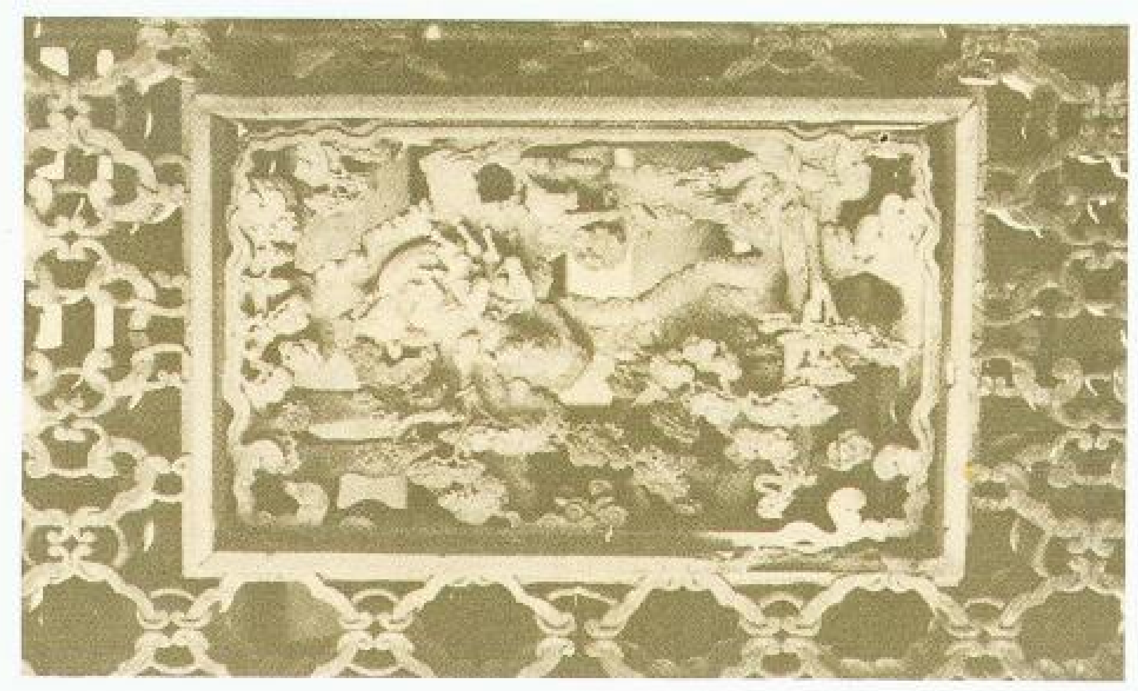


图9－4－20　（1）上海市区天灯弄某宅内砖雕

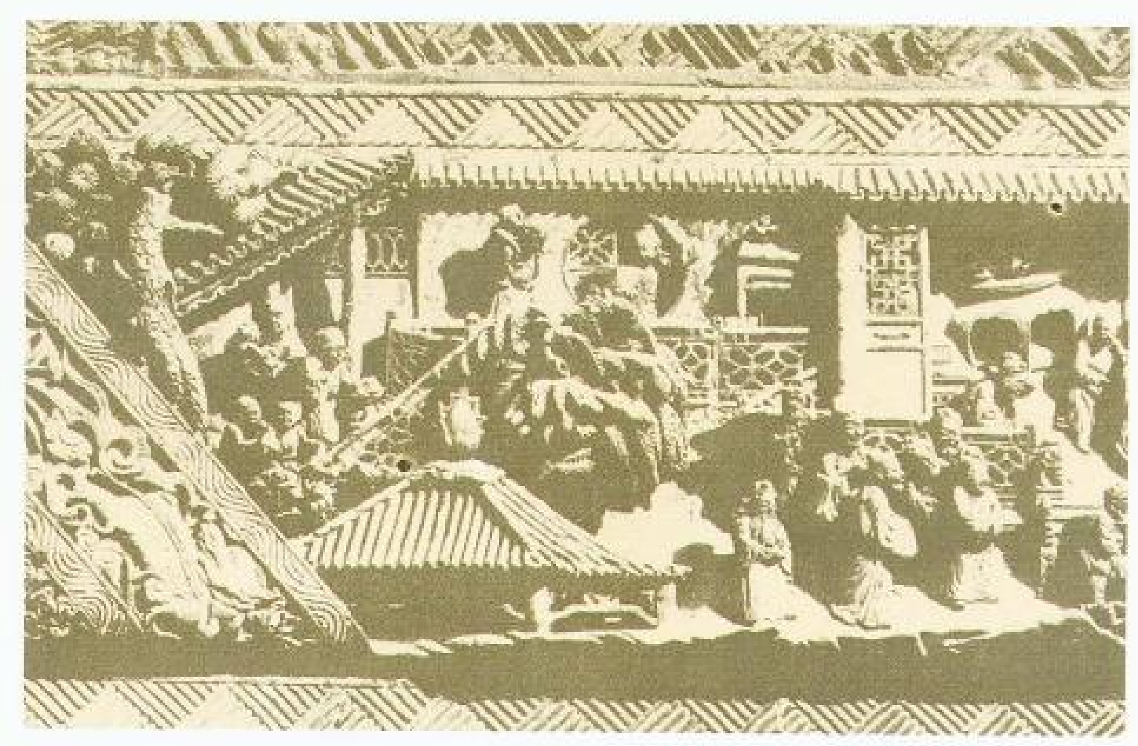


图9－4－20　（2）苏州砖雕

第五节　建筑镏金技术

一　古建筑镏金装饰发展概况

考古发掘资料证明，从战国开始，封建统治阶级所使用的青铜器物上除采用错金、错银的装饰外，还发明了在青铜器表面“镏金”的新工艺、这些金属工艺的技术成就一直在后来的金属工艺中放射着光彩，体现了我国古代劳动人民的高度智慧。

秦、汉以后，随着冶金技术的不断发展，统治阶级的生活享受日益奢侈，不仅讲究使用镏金的银铜器物，同时在建筑构件上也采用镏金装饰。

据文献记载，汉武帝刘彻建神屋，铸铜为柱，遍涂黄金；又起筑渐台，高三十丈，于屋顶上铸铜凤凰，高五丈，饰以黄金，光彩夺目[35]。晋武帝司马炎，泰始二年（公元 266 年）洛阳建太庙，曾铸铜柱十二，涂以黄金，镂以百物，缀以明珠，建筑极侈[36]。南北朝时，佛教盛行，寺塔建筑获得了发展，据《洛阳伽兰记》载，洛阳永宁寺建于北魏孝明帝熙平元年（公元 516 年），寺内建有九层方形木塔一座，甚高大。塔顶上有镏金宝瓶，宝瓶下有承露镏金铜盘三十重，四周垂以镏金铜铎，门扉并施以镏金的铺首和门钉，辉煌壮丽、冠于全城。

唐、宋时期，金银器的制作技术又取得了新的成就，金属的细工工艺又有较大发展，这时宫殿、寺观建筑上的宝顶和木装修广泛地采用镏金铜活，加工精巧，造型优美，反映了当时金属的镏金、抛光、刻花等工艺都已达到精美的程度。辽、金、元时期的建筑受汉族文化影响较深，建筑装饰除继承唐、宋传统外，并有很多创造性的发展，如肖洵《故宫遗录》中对于元大都宫殿就有这样一段描述："大明殿，殿楹四向皆方柱，大可五六尺，饰以金龙云……楹上分间，仰为鹿顶，斗栱攒顶，中盘黄金双龙，四面皆缘金红琐窗，间贴金铺，中设山字玲珑金红屏台"。可见当时金彩装饰在建筑上已被大量使用。又如大都圣寿万安寺塔（今北京妙应寺白塔），元世祖至元十六至二十五年（1279—1288 年）所制镏金宝顶，造型优美、比例匀称，至今保存完整，是元代冶铸镏金工艺的杰作（图 9－5－1）。

特别应该指出的是，我国的冶铜、镏金手工艺，到了明代出现了空前发展的局面，因此产生了若干大体积的镏金铜器如金殿、金碑、金钟等，至今还保留着一些实物，如湖北武当山太和宫金殿，永乐十四年（1416 年）铸造，通体铜铸，宽深俱三间、重檐庑殿顶，通高 5.5 米，柱额、门窗、斗栱和檐脊均仿木构，雕制精细、遍体镏金，金光闪耀，是明代大型镏金作的代表作。其他如故宫紫禁城角楼、中和殿和钦安殿的镏金宝顶也都是比较典型的明代遗物。

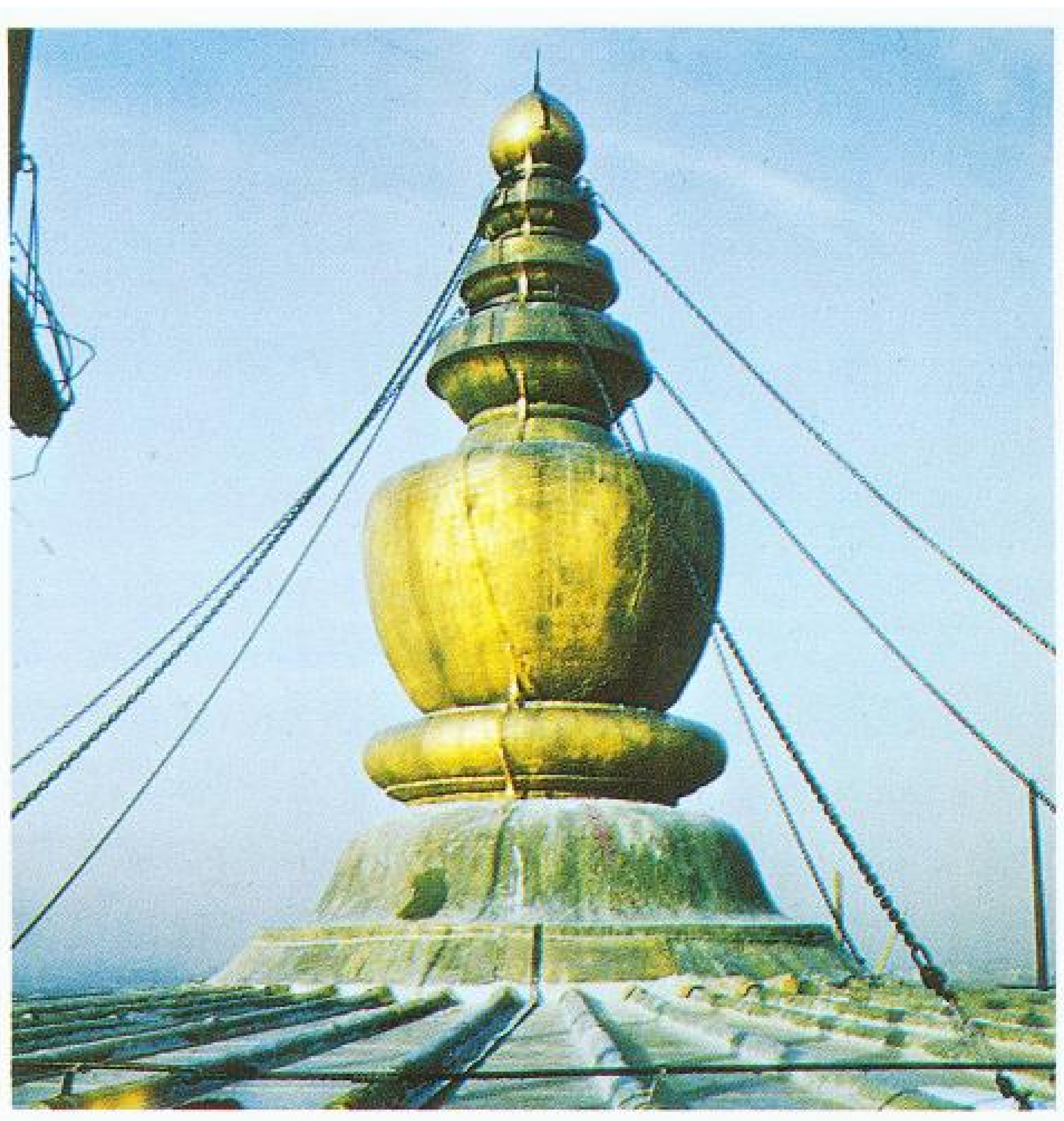


图9-5-1 北京妙应寺白塔镏金刹顶

清代的冶铸镏金工艺和其它工艺美术一样，至乾隆间（十八世纪）又出现了繁荣发展的局面，银铜器的制作镏金工艺，无论花色或品种都超过了前一时期。内务府造办处设有镏金作，集中了一批多才多艺的掐丝镏金匠师，常年在内庭、圆明园、颐和园等处为皇家服役，创造了大量的镏金工艺品。今天在故宫、颐和园等处所见到的铜亭、铜缸、铜狮、铜狻猊等陈设品，以及建筑物上的铺首、门钉、面叶等，有些都是精美的清代镏金工艺品（图 9－5－2）。

明、清以来喇嘛教盛行，西藏、青海、甘肃和内蒙古地区兴建了不少喇嘛庙，这些寺庙里多数建有镏金的金瓦殿堂建筑。还有经堂的屋顶上多置有鹿、羊、宝幢、法轮等镏金饰物，具有浓厚的民族风格和宗教色彩（图 9－5－3）。

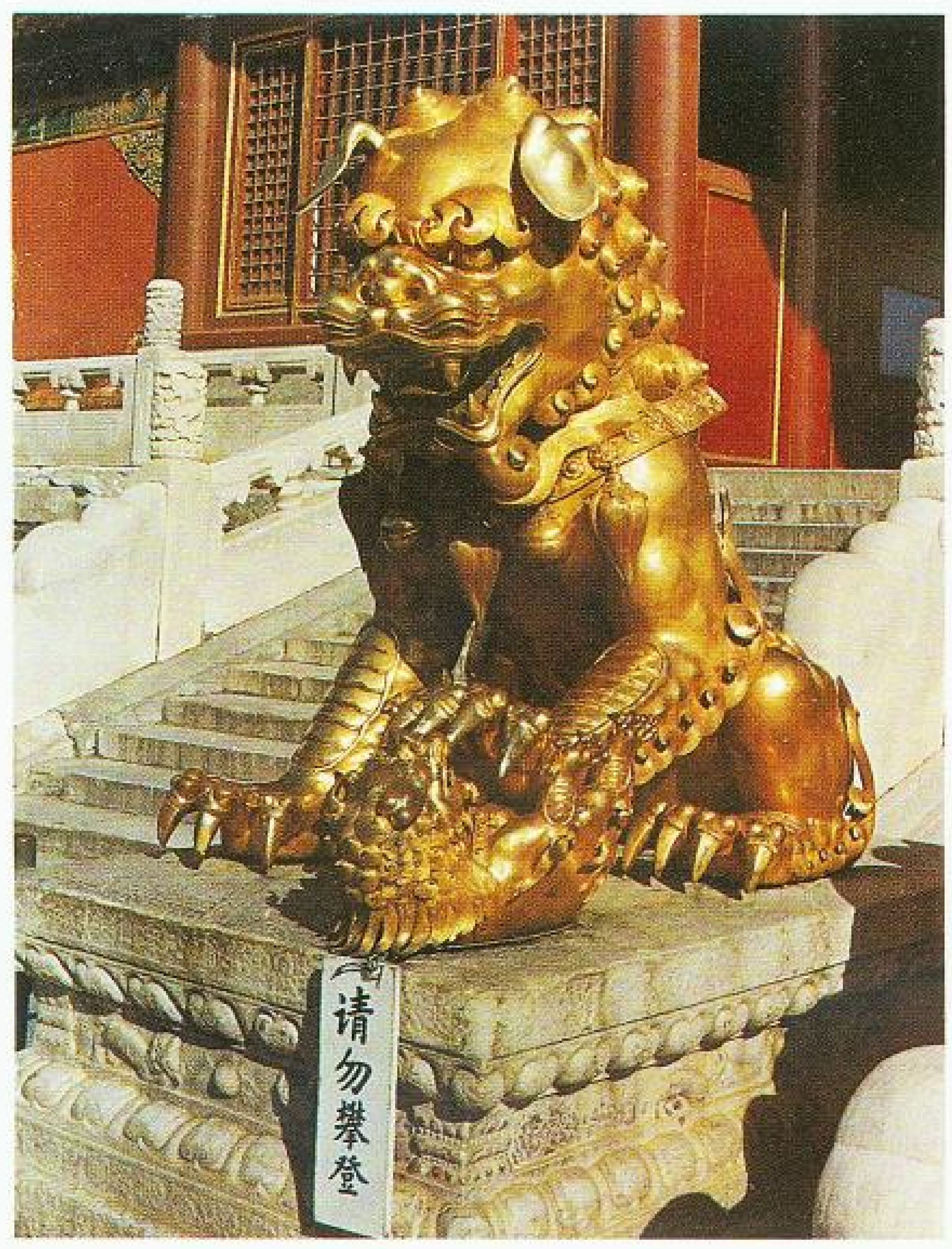


图9-5-2 （1）北京故宫乾清门前镏金铜狮子

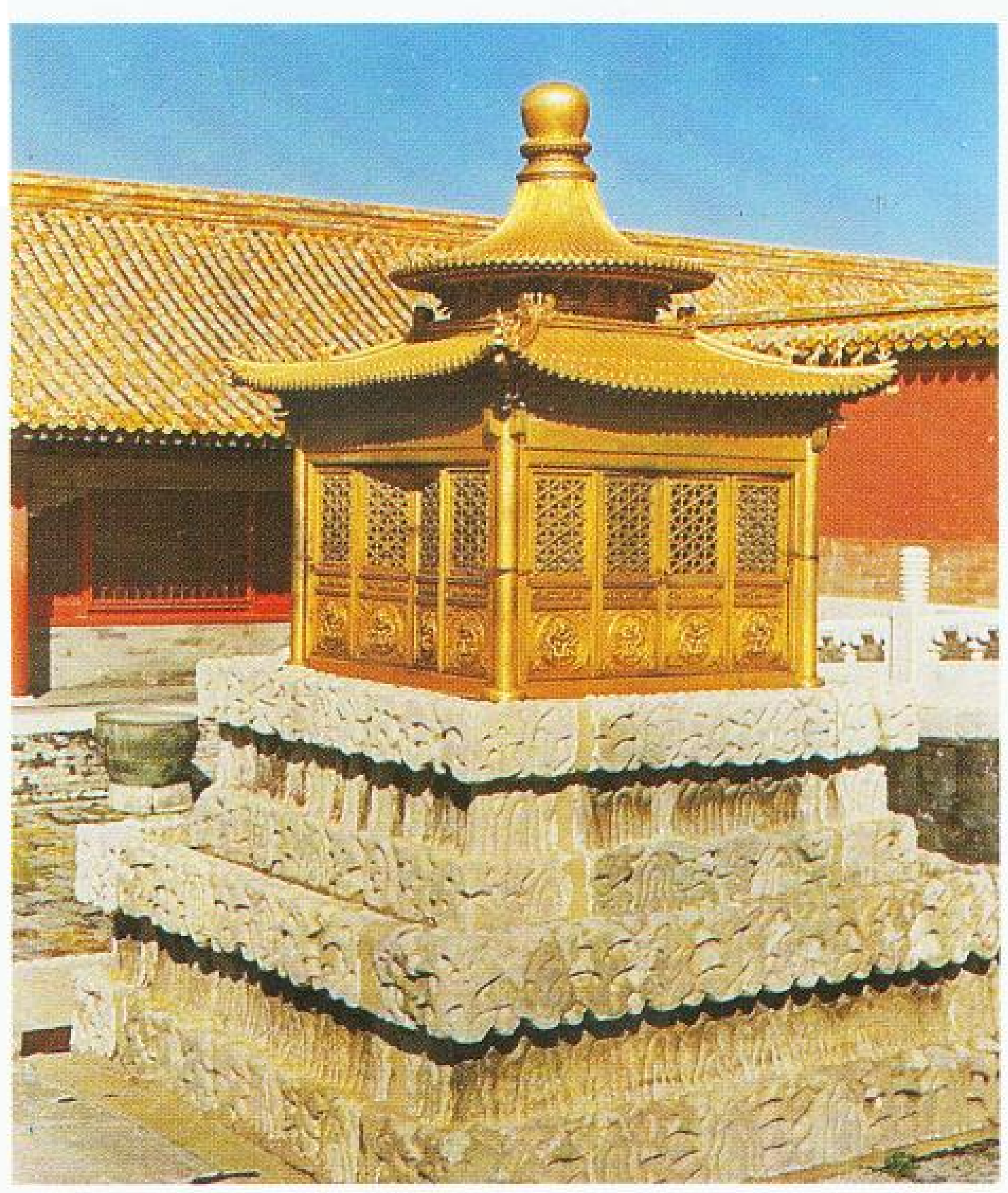


图9-5-2 （2）北京故宫乾清宫殿基左右的江山社稷金殿（镏金铜殿）



图9-5-2 （3）北京故宫菱花隔扇镏金铜饰件

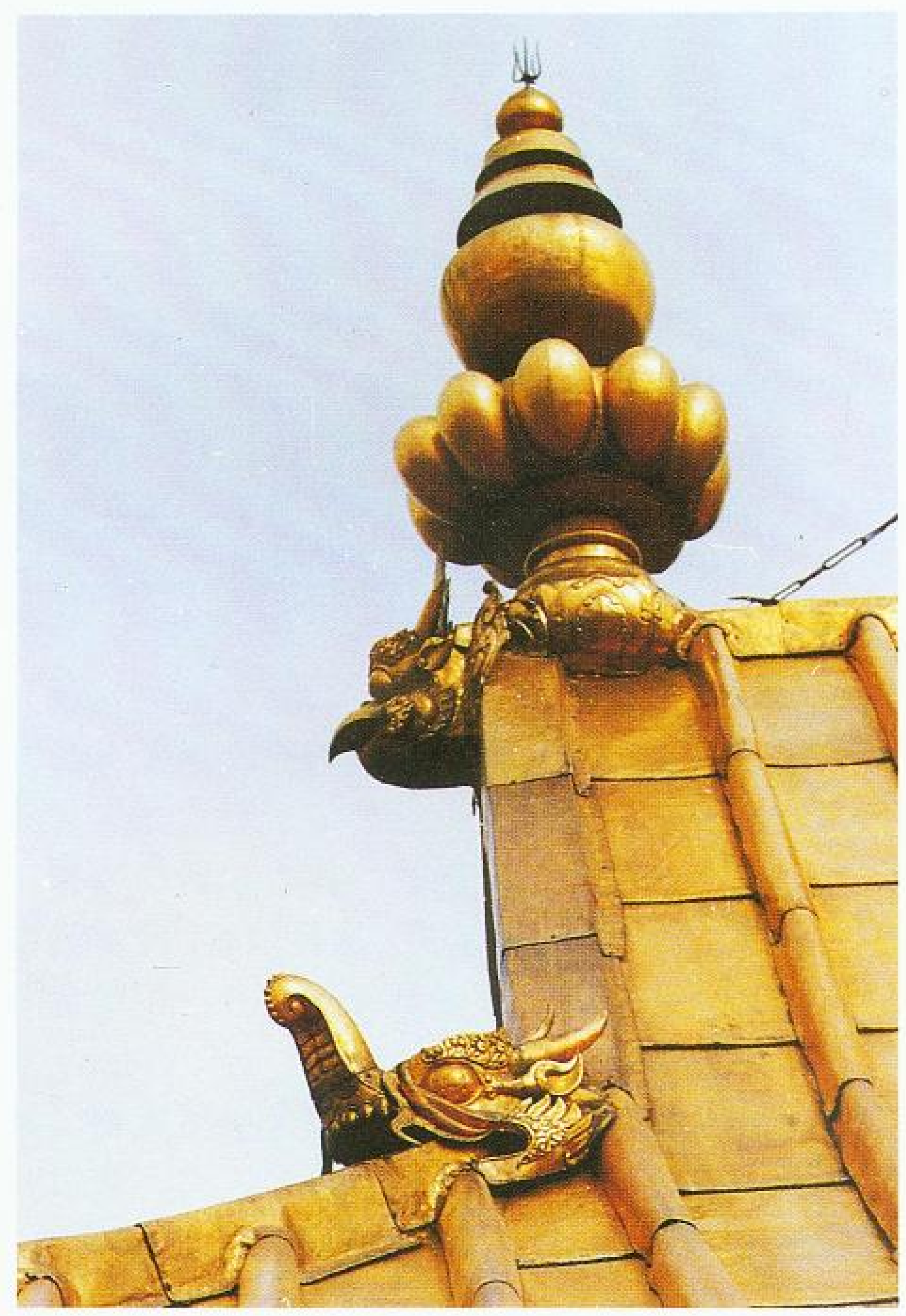


图9-5-3 拉萨布达拉宫金瓦顶及鳌首

承德外八庙是乾隆时期修建的喇嘛庙，建筑形式各具特点。其中以须弥福寿庙的妙高庄严殿最为华丽。它是一座金瓦殿、宝顶、鱼鳞瓦、压脊行龙和檐角兽头等都是用镏金铜构件拼装起来，造型优美，细部雕刻十分精致，标志着当时冶铸镏金工艺所具有的高度技术水平（图 9－5－4）。

二 镏金的传统技术

镏金，就是把金汞齐（即黄金和水银的合金）涂在银胎或铜胎器物上，经过烘烤，汞蒸发后，


图9-5-4 河北承德妙高庄严殿金顶上双金龙

金子就镀在器物上，使其金光灿烂，这就是我国特有的火镀金法。

火镀金法的发明和使用大约始于战国时期，是我国两千多年来一直沿用着的传统镀金方法。如各地出土的历代铜制兵器、车器、钟鼎彝器、玺印、钱币、饰物、佛像及建筑装饰构件等“镏金”作品，都是用这种方法镀上去的。火镀金方法不仅是我国科学技术的光辉成就，而且在国际上也负有声誉。但近几十年来，金属工艺多采用电镀法，火镀金技术几有失传之虞。

火镀金的优点很多，牢固耐久，色泽美丽、大小器物都能应用，而且无须多少设备，方法简便易行，镀金的厚薄可自行掌握，较大的器物不须移动也能镀上。

(一)镀金应用材料

根据《三处汇同则例》，清代镏金作所需材料有如下的规定：

1.平面素镀金活，每长一丈宽一寸用金四分五厘（折合每平方米用金 4.39 两）。

2.浅花镀金活，每长一丈宽一寸用金五分（折合每平方米用金 4.88 两）。

3.深花镀金活，每长一丈宽一寸用金七分五厘（折合每平方米用金 7.32 两）。

4.每叶子金（即极薄的金片）一两用：

水银七两	棉花五钱
酸梅四两八钱	白布三寸
白矾四两八钱	黑炭十五斤
硷四两八钱	白炭七斤八两
盐三两二钱	磨金炭四两

现在由于近代化学的发展，改用硝酸代替白矾和盐。酸梅已多用杏干代替，磨金炭改用铜丝刷代替。

(二)镀金应用工具

（1）涂金棍：是火镀金工作中用以涂抹金泥的重要工具，用一根长 20 厘米、直径 1 厘米的铜棍，将前端打扁翘起如牙刷把，表面打磨光滑洁净，再用煮熟的酸梅沾汤涂抹铜棍前端，浸入水银内，如此反复数次，铜棍前端就沾满水银（水银厚薄不拘，铜棍白了即可），晾干即可使用。

（2）坩锅（砂罐）现在可用化铜石墨罐。

（3）火钳。

（4）无烟木炭棍。

（5）瓷盆。

（6）磨金炭。

（7）细漆刷。

（8）硬鬃刷。

（9）烘烤时盛木炭铁丝笼子。

（10）玛瑙压子（是用玛瑙石或硬度 7—8 度的玉石做成的压子，后面有木柄）。

(三)镏金操作工序

（1）煞（或杀）金（即溶解黄金的工作）：先将黄金捶打成厚度约 1 毫米以下的薄片、再剪成碎片，把坩锅（现在多用化铜石墨罐）置炉上加热、烧到坩锅发红时（约摄氏 400°左右）把剪碎的金片倒入坩锅内，随之倒入水银（黄金与水银的重量比，大约是 3：8 或 3：7）。如金片稍大、稍厚时可多用一些水银；如金片较小、较薄时亦可少用一些水银，故有“七煞”、“八煞”之说。烧锅的温度也是根据“煞金”的数量来掌握火候，多就高一些，少就低一些。然后用火钳夹起坩锅离开火炉微微摇动，另用无烟木炭棍插入锅内搅动，黄金即开始被水银溶解，这时在高温的罐中一部分水银蒸发，冒出浓白烟，直到白烟下沉，罐中水银冒出许多小泡，黄金就全部被水银溶解。然后将罐内溶液倾入盛有冷水的瓷盆中，溶解即冷却沉在盆底，呈浓稠颜色发白的泥状物，即时用手捞起捏成一团，这黄金和水银的混合物，就叫做“金泥”。

（2）抹金（在铜胎上涂抹金泥）：先将铜器表面用磨金炭（现在用铜丝刷）打磨表面铜锈和不洁之物，使铜面光滑洁净，打磨光洁与否关系到镏金工艺的质量，如果铜胎表面有油垢，氧化皮等就会造成镏金层结合不牢，出现起皮、起泡等现象。然后用“镏金棍”沾起“金泥”，再沾等量盐、矾的混合液体（现在用浓度 70% 的浓硝酸代替），往铜器上涂抹“金泥”，另用细漆刷沾盐、矾混合液（现在用 50% 的稀硝酸水），把铜面的“金泥”刷匀，匠师术语叫做“拴”。使铜面上的金泥拴得十分匀细，盖了一层白色为止。这道工序要做得非常细致，故有“三分抹，七分拴”的说法。金泥如果拴得不匀，尤其是比较薄的镀层，镏金的颜色就会出现深浅不匀的毛病。

（3）开金（蒸发金泥中的水银，使黄金紧贴器物表面）：将烧红的无烟木炭盛在扁铁丝笼中，用铁棍挑起铁丝笼，围着抹金的地方烤（如能放在抹金的背面，就烤背面），待抹金面的水银蒸发，冒起一层白烟时，即撤火，用硬鬃刷在上面捶打，这是由于水银内含有黄金，水银蒸发时，黄金收缩成小颗粒，也将随之落下，经过捶打使黄金仍保留在铜面上，捶打到铜器已稍冷却，水银停止蒸发时，再烤再捶打，如此往复三四次，但一次要比一次温度高。因不能用手去试摸温度，也不使用温度计，镏金匠的传统经验是用唾液测试温度，直烤到用唾液吐到上面滚下水珠时，就不要再增高温度了。这时撤火，用棉花在上面按擦，因金泥烤到较高温度时，水银大量蒸发变成气体，有一部分接触冷空气要凝结在铜面上，所以必需擦掉。这样边烤边按擦，可使黄金与铜胎结合牢固。

如果水银氧化较多，可同时用扇子搧风，使氧化汞气体尽快发散。这样在烘烤温度增高，用棉花按擦，用扇子搧风的联合操作过程中，复盖金泥的面层，逐渐由白色变成淡黄色。直烤到水银气化净尽，黄金全部露出为止，火镀金的工作算是基本完成了。然后再用毛刷沾酸梅水（或杏干水）和皂角水（或肥皂水）在上面刷洗，使镏金层完全干净。再用棉布或丝绸擦净，镏金即全部完成。如镏金层需要较厚时，需再按上述操作工序再镏一次或几次，据说象故宫的大铜缸，一般的都要镀六次。

开金时火烤的温度，一定要掌握火候，如温度过高，黄金就随水银蒸发掉或变黑；如温度过低，水银不能全部蒸发，颜色又会发白，火烤温度须掌握恰如其分，所以这道开金工序必须精心操作。

（4）压光（把镀金面的黄金压平，使其牢固和光亮）：火镀金是用手工工具涂上的，表面不可能涂得十分均匀，当水银蒸发时，金泥中所含黄金极小的颗粒，也可能出现一些空隙，为了使镀金牢固耐久，色泽光匀，最后需要加上一道压光的手续。就是用玛瑙（或硬度 7—8 度的玉石）做的压子沾皂角水，在镀金面上普遍压磨、把极小的黄金颗粒压平，并将水银蒸发时出现的一些微小的孔隙挤压坚实，这道工序是很细致费时费力的。

三 镏金操作事项

（1）使用的各种工具必须保持洁净，不得有油污，否则表面形成油膜，会影响表面覆盖层与铜胎的结合力，微量的油污也会使镀层结合不牢，产生起皮、起泡等毛病。

（2）最忌煤烟污染，必须用优质的无烟炭火烧烤。

（3）如在铜合金上镏金，当其中含锌量超过百分之二十以上时，则水银不易去净。

（4）在进行煞金和开金两道工序时，放出的气体氧化汞有毒，吸入肺部对人体有害，所以操作时要注意防护。

参 考 文 献

[1]《文选·班固西都赋》注。
[2]《三辅黄图》。
[3]《古今图书集成考工典》，卷三十五宫室总部汇考引《稽古定制》。
[4]同上，卷七十五第宅部汇考引《明会典》。
[5]《说文》。
[6]《说原》。
[7]《埤雅》。
[8]《广雅》。
[9]《墨客挥犀》。
[10]《苏颚演义》。
[11]《元氏掖庭记》。
[12]《史记·高祖本记》。

[13]班固《西都赋》。
[14]《文选》卷十一何平叔《景福殿赋》。
[15]陶弘景：《名医别录》。
[16]李时珍：《本草纲目》（卷十）。
[17]杜甫及韩驹诗。
[18]苏恭：《唐本草》。
[19]《南朝佛寺志》卷下引许嵩《建康实录》。
[20]《宋朝事实》卷七。
[21]《宋史·舆服志》及《宋史·神宗记》。
[22]《洛阳伽兰记》。
[23]《大业杂记》。
[24]白居易：《游香山记》。
[25]宋范成大：《桂海虞衡志》。
[26]南宋范成大：《揽辔录》。
[27]南宋楼钥：《北行日录》。
[28]《元氏掖庭记》，《考工典》卷五十一宫殿部纪事引。
[29]《马可波罗游记》中释本。
[30]唐李华：《含元殿赋》，《考工典》卷四十七宫殿部艺文引。
[31]范成大：《石湖集》卷十二。
[32]南宋周辉：《北辕录》。
[33]宋杜绾：《云林石谱》卷下。
[34]《元氏掖庭记》，《考工典》卷五十一宫殿部纪事引。
[35]《汉武帝内传》。
[36]《晋书》卷三《帝纪第三·武帝》。

第十章 建筑防护技术

概 说

建筑存在于一定的时间和空间，直接暴露在大自然环境中，受到风、雨、雪和火、日晒、地震、虫蚁等的侵害。它能否存在下来，取决于它能否适应和防御这些因素的影响。早在原始社会晚期，从西安半坡和郑州大河村等新石器时代遗址发掘资料来看，人们已认识到“穴而处下”会“润湿伤民”，建筑已从穴居、半穴居向地面建筑发展，而且有烧烤土、涂草泥和“白灰面”等防潮措施。当时已有火塘，供熟食和采暖，并有初步的防火考虑；在通风采光方面，屋顶已有通风采光口的设置；在木材防腐方面，人们已认识到栽柱易下沉，开始采用暗础，并在浅埋柱坑内回填掺有红烧土、碎陶片骨料的石灰质细泥。应该指出，原始社会的生产力非常低下，建筑防护技术仅处于初级阶段，而且每一微小的进步都经历了漫长的岁月。

到了奴隶社会，夯土高台增强了地面防潮湿的性能，土坯墙体加强了外墙的防寒、防暑性能，瓦屋顶具有较好的排水、防水和防火作用，木构架结构具有较好的抗震性，建筑空间相应扩大，并且可以较自由地开窗户，采光通风条件因而得到改善，这是我国古代建筑防护技术的重要进步。

我国古代劳动人民在长期与自然的斗争中，不断创造和发展了建筑上的各种防护技术，逐步形成了一整套建筑防护技术经验和方法。

在通风方面，我国古代匠师善于从总体布局和具体措施上综合地加以考虑。南方地区多选择迎向夏季主导风向的朝向，平面布局中善于开辟天井，利用门窗与天井的结合，组织穿堂风。门窗是室内通风的主要孔道，我国古代创造了多样的门窗，以达到通风的效果，有许多在近代民居上仍在使用。

在采光方面，我国古代建筑也很注意从房屋的平剖面设计上为采光创造有利条件，控制适当的进深与面阔的比例、出檐与柱高的比例。在建筑竖向布置上，从采光的角度也有所考虑。窗的采光和通风是紧密联系在一起的，从汉代以前的“牖”发展到明清多样的窗式，逐步改善了窗的采光性能。明清时期南方的城市有许多白墙面的处理方法，用它来增加光线的亮度。

在采暖方面，从目前遗物、零星文献记载和考古发掘材料来看，我国古代建筑大体上采用过火塘、火炉、炙地、火地和火炕等采暖方式。“炙地”一直未被人注意，但看来是曾经流传过的。火地、火炕的历史更为悠久。火炕最晚在唐代已出现。经过宋元明清，世代相继。在北方民间，大多是“炊事采暖一把火”，十分经济、实用，至今在农村还广泛运用。

我国是多地震的国家，我国古代劳动人民从长期对地震灾害的斗争中，积累了相当丰富的建筑抗震经验。现存许多古建筑大都经受过相当强烈的地震考验仍完好屹立。系统地总结我国古代地震区的木构殿堂、木构楼阁、穿斗式房屋、“一颗印”房屋和多层砖木塔结构等的抗震经验和技术措施，对今天研究现代建筑的抗震问题还是有很重要的借鉴价值的。

我国古代建筑结构类型很多，构造方面有着不同的变化，对于防潮、防腐、防蚁、防火、防水、防晒……等都是重要的问题，直接关系到建筑的寿命。在这些方面，经过长时期的建筑实践也积累了很丰富的技术经验。

应该指出，在我国两千多年的封建社会里，由于广大农民和手工业工人深受封建地主阶级的残酷剥削和压迫，加上封建意识形态的阻碍和束缚，生产力发展非常缓慢，建筑防护技术长期地陷于发展的迟缓状态中，虽然取得了一定的成就，但仍有局限性，有的还披上一些迷信的色彩。

古代文献有关防护技术的记载和论述很少，古建遗存和考古发掘有关这方面的资料也很不足，本章各节对此只能作一些初步的叙述。

第一节 古代建筑的通风和采光

一 古代建筑的通风

我国古代建筑通风可以追溯到原始社会建筑，西安半坡遗址发掘证明，当时房子顶部已有排烟通风口。《礼记·月令》载：“古者复穴皆开其上取明。”在原始社会里，建筑的取明不一定是迫切需要，而住房内部火塘篝火产生烟熏的排除和供氧的需要，却使排烟通风成为主要的问题。

殷商甲骨文中就有古文“囱”的象形字。屋架发明以后，两坡顶已经形成，而把通风口放在垂直的山墙上。《说文》云：“在屋曰囱，在墙曰牖”。由囱变为牖，是古代通风技术的进步。

我国古代建筑是从总体布局、选择朝向、利用天井和组织各种各样的门、窗、花墙等方式综合地解决通风向问题的。

南方气候炎热潮湿，一般朝向都选择南或东南，因为南方夏季主导风向是南和东南，对加强通风是有利的。

明李渔《笠翁偶集·向背》提到：“屋以面南为正向，然不可必得，则面北者，宜虚其后，以受南熏。”意思是说，房子应以南为正向，当房子因地形等原因不得不朝北时，朝南的墙面应尽量开窗，以便引导南风入室。南方民间住宅通常都是以这种南北向的门窗和天井相结合，利用主导风向或借助室内与天井上口的高差所产生的压差来加强通风的。

图10－1－1是广东揭阳县的一种传统民居类型，因地段所限（或安全原因）四周墙面不能开窗，而通过居室的南北窗与天井相结合来解决通风问题。图10－1－2是浙江某民居的剖面图。也采用了前后天井通风措施。

图10－1－3是广州小画舫清代建的一组住宅，三排建筑间夹有两个小天井，用门窗相互对开的方法，形成流畅的穿堂风，东南风可以直通各室，所以盛夏季节室内也很凉爽。图10－1－4是广州小画舫的另一组建筑，此建筑组织穿堂风也有独特之处，朝南是敞廊，起风斗作用。室内的间墙全用落地花窗和通花门扇组成。出风口除北墙窗洞外，在楼梯上面还设有天窗抽风。据实

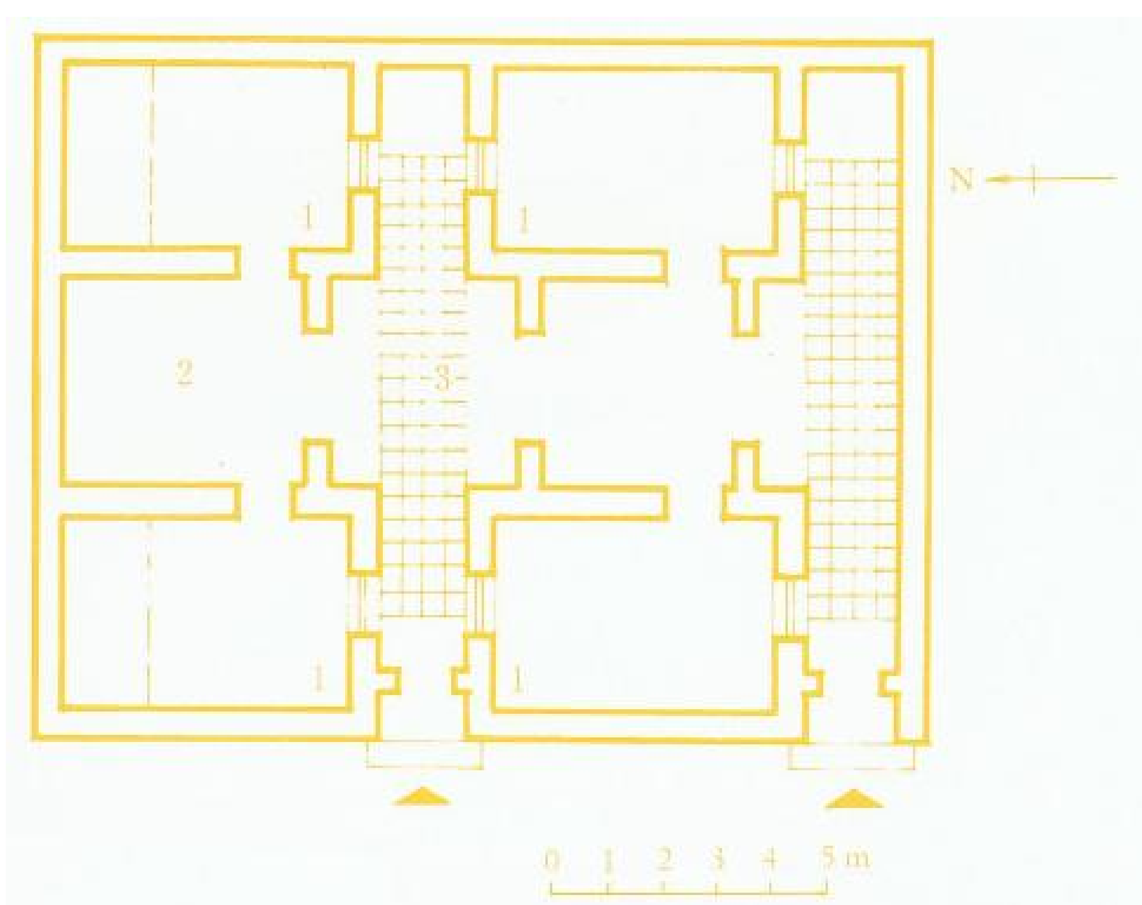


图10-1-1 广东揭阳民居平面图天井通风
1.房；2.厅；3.天井



图10-1-2 浙江民居前后天井通风示意图
1.反射光；2.天窗采光

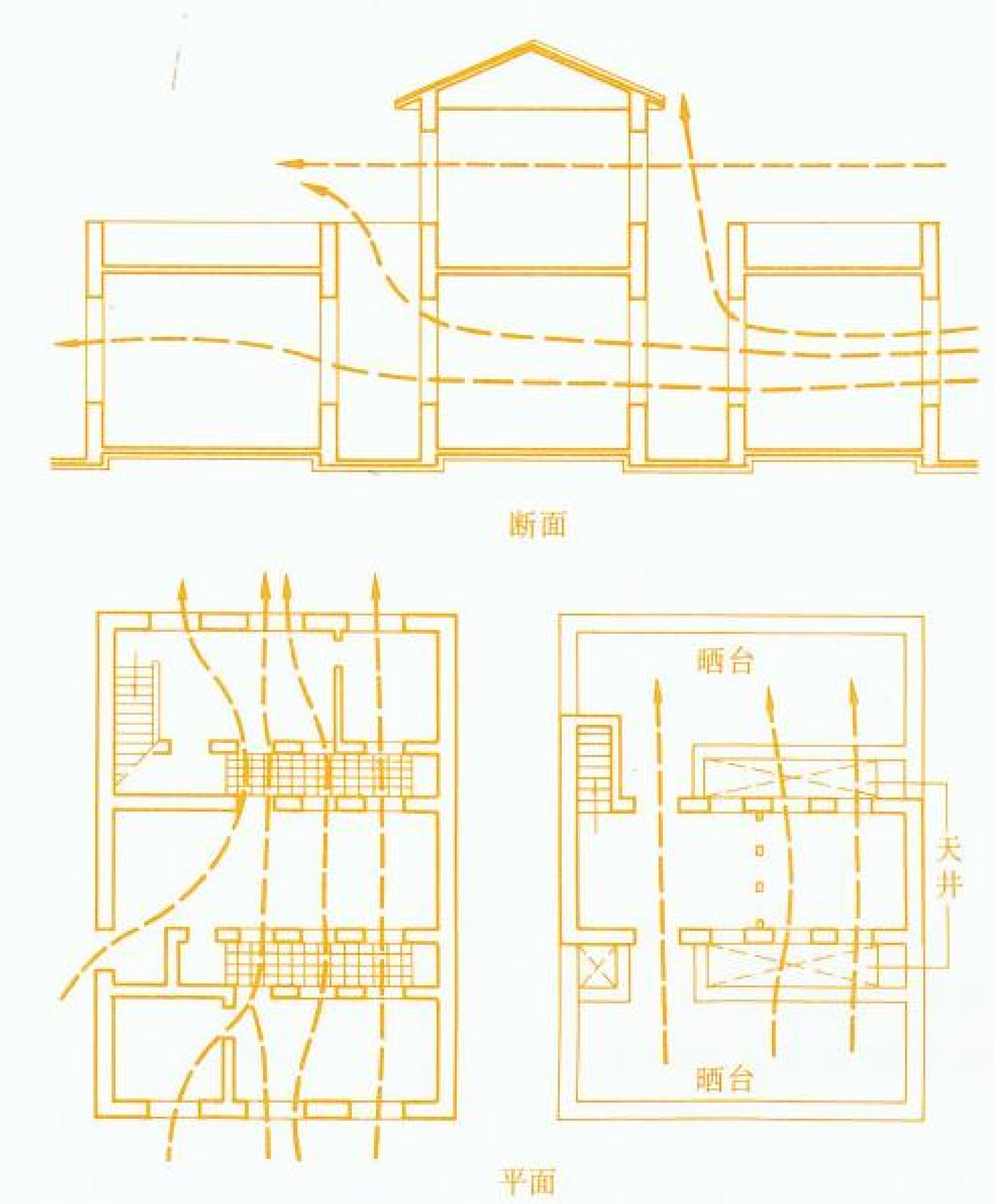


图10-1-3　广州小画舫住宅通风处理之一

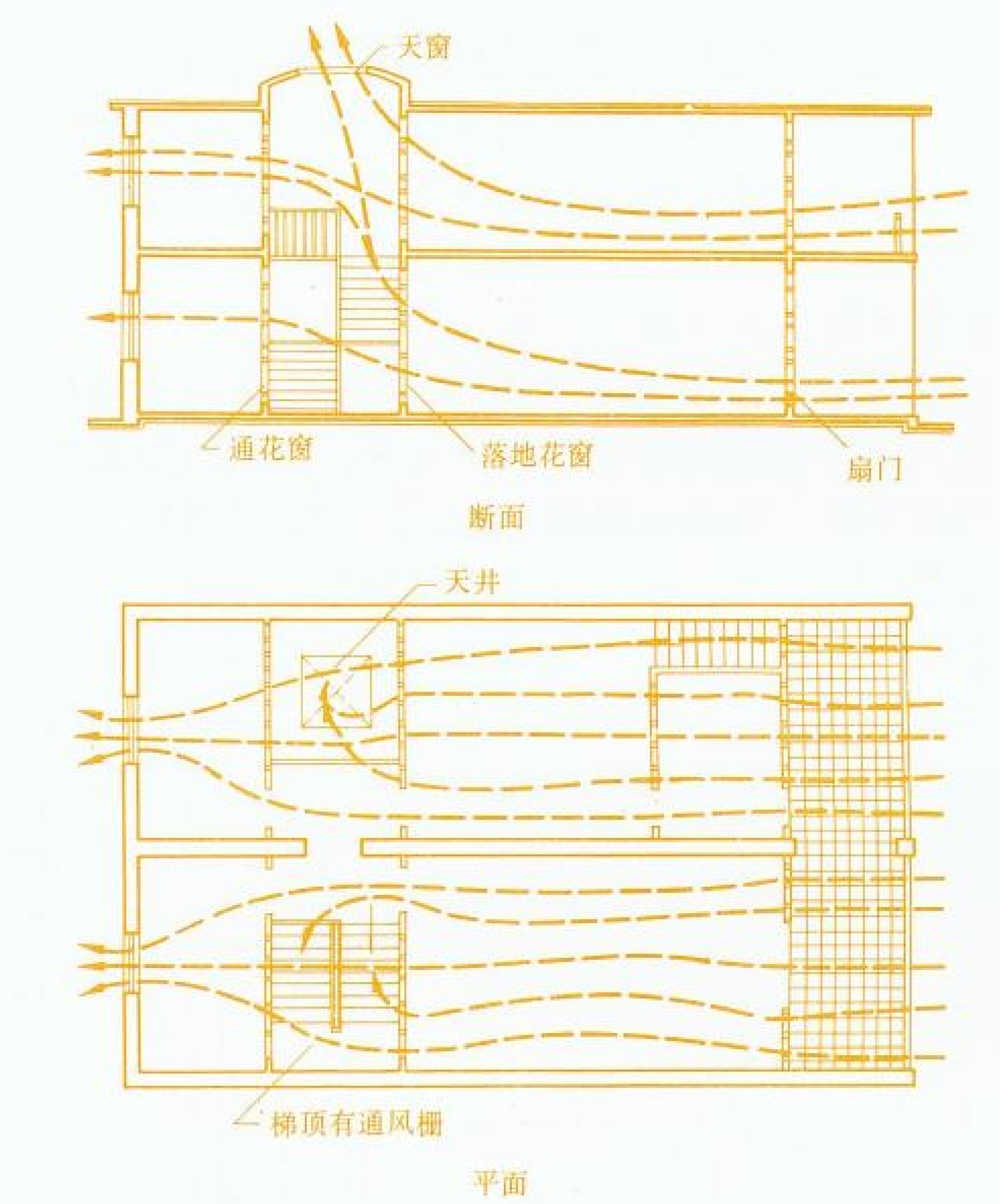


图10-1-4　广州小画舫住宅通风处理之二

测，有良好的通风效果。

图10-1-5为广东常见的一种传统村落，由三合院（或四合院）住宅组成十分规整的方格巷道，主要巷道迎向夏季的主导风向，村前是田野和池塘，村后是茂密的树林或山丘，住宅沿前低后高的坡地排列。当南风吹来时，凉风就可以沿着巷道引入村内；当无风时，则由于村内屋面受太阳灼晒后温度升高，气流上升，四周田野和山林的低温气流补充入村，形成小气候微风。

图10-1-6是广东城镇常见的一种传统"竹筒屋"住宅。房间沿南北方向作纵向排列，中间设天井通风采光，所有房间前后隔断和墙壁都处理得比较开敞，以利吹来的南风畅通无阻。东西两侧的高墙和边弄，实际上起导风墙和遮阳的作用。前街、后院间距稍大，也利于进风和出风。

门窗是室内通风的主要孔道，它的形式、位置、大小、高低都直接影响建筑的通风效果。据文献和明器可知，汉代已有多种通风窗的做法。在悬山檐下设通风窗孔最初见于广州出土的汉明器(图10-1-7)。实例见于山西大同华严寺海会殿。歇山顶山花有通风窗格，最早见于敦煌北魏壁画，唐宋画中也常见。实例见于山西太原晋祠圣母殿。以上两种窗孔，虽然面积小，但因为其部位高，对通风能起相当作用(图10-1-8)，并因其在屋檐之下，可防止雨水和风压干扰。后来一直被当作屋顶通风的方式之一。

秦咸阳宫第一号遗址发掘，有窗用的铜合页，证明当时已有开关窗扇，已经采用开启窗扇的通风方式。

宋代窗有很大发展，《营造法式》已有破子棂窗、睒电窗、版棂窗和阑槛钩窗等制作制度，这些窗均用以通风。

明清时代，窗的形式很多，有槛窗、支摘窗、推拉窗、横披窗、中轴转窗、边轴转窗、上悬窗、落地窗等等(图10-1-9)，古代工匠创造和利用这些窗式，结合其他功能和艺术处理的要求，因地制宜地解决了通风的要求。如槛窗下的槛墙有的设有透空栏杆，因而增大通风面积；如支摘窗，上可支、下可摘，推拉窗可推、可拉，能随意调节窗洞的通风量；如中轴转窗和边轴转窗可组合成片(图10-1-10)，且开关方便，可灵活调整开口大小，自由组织风的通路，有利于导风和遮阳；又如支摘窗的窗扇可以上下移动，能调剂通风路径和风速流量。

横披窗是我国古代建筑的特殊窗式，汉明器(图10-1-11)已有反映。门与窗因构造所限不能开得太高，高大的建筑为了要增加墙身上部的通风采光量，故产生了横披窗，这样的门窗，冷

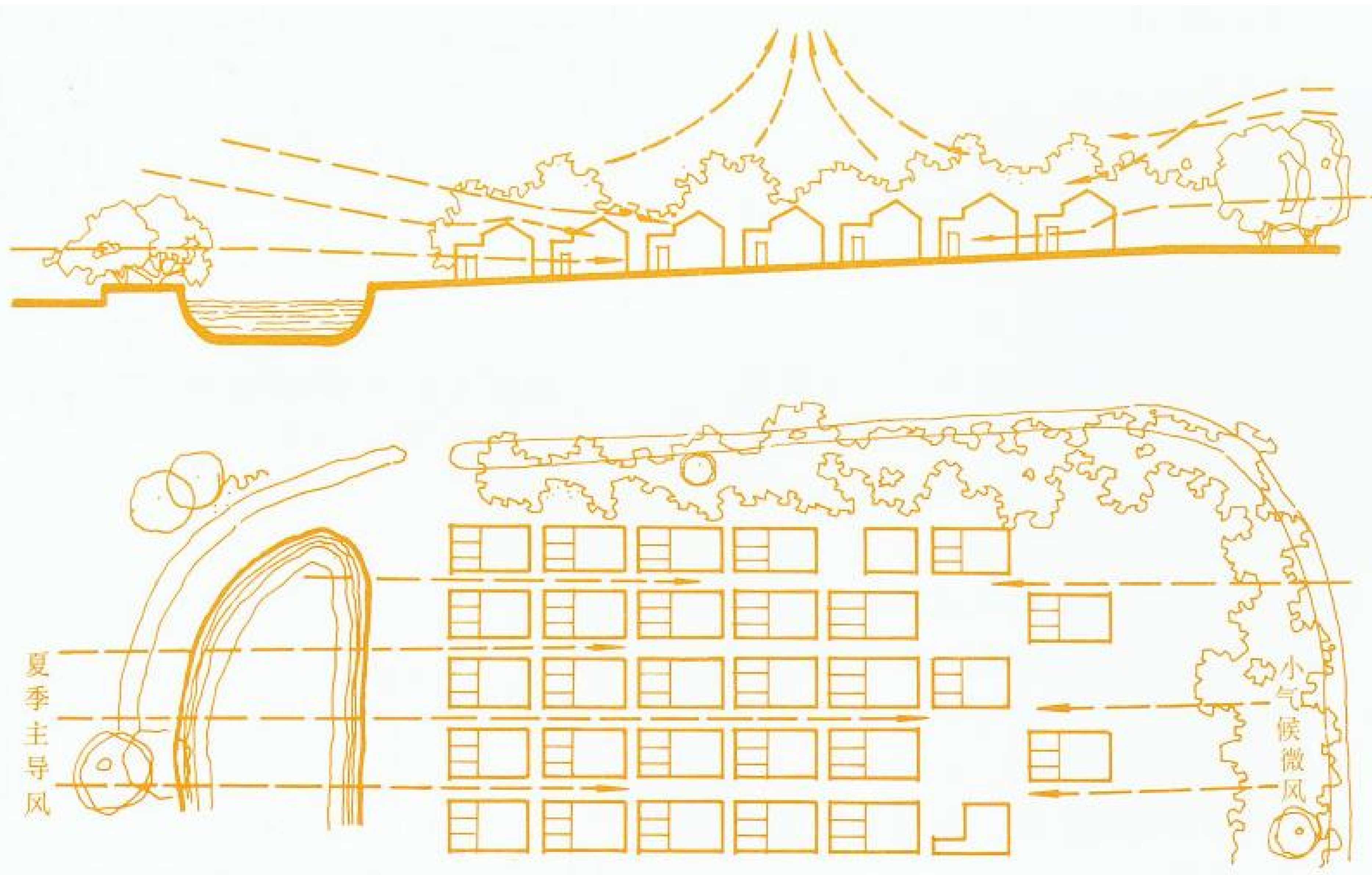


图10-1-5　广东典型民居村落布置

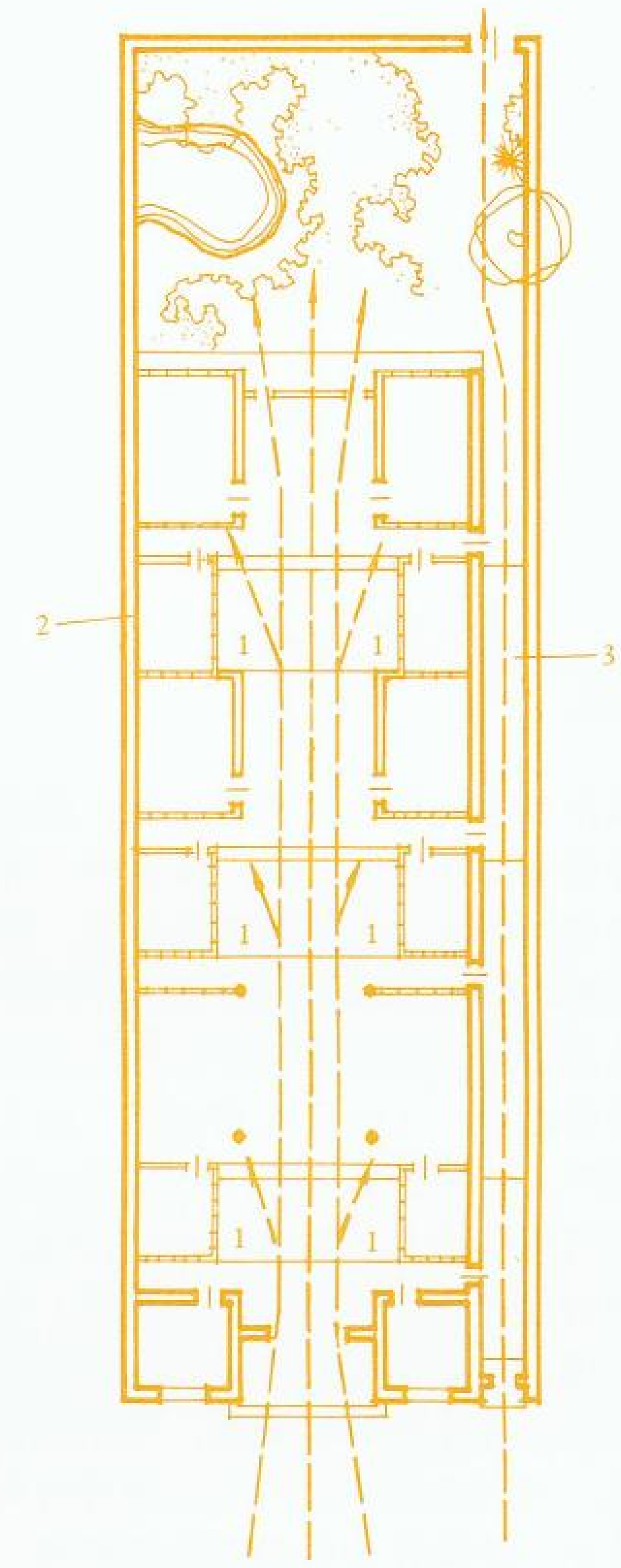


图10-1-6　广东"竹筒屋"通风处理
1.天井；2.引风高侧墙；3.通风边弄



图10-1-7　广州汉墓出土明器上的通风处理
1、2二种方式

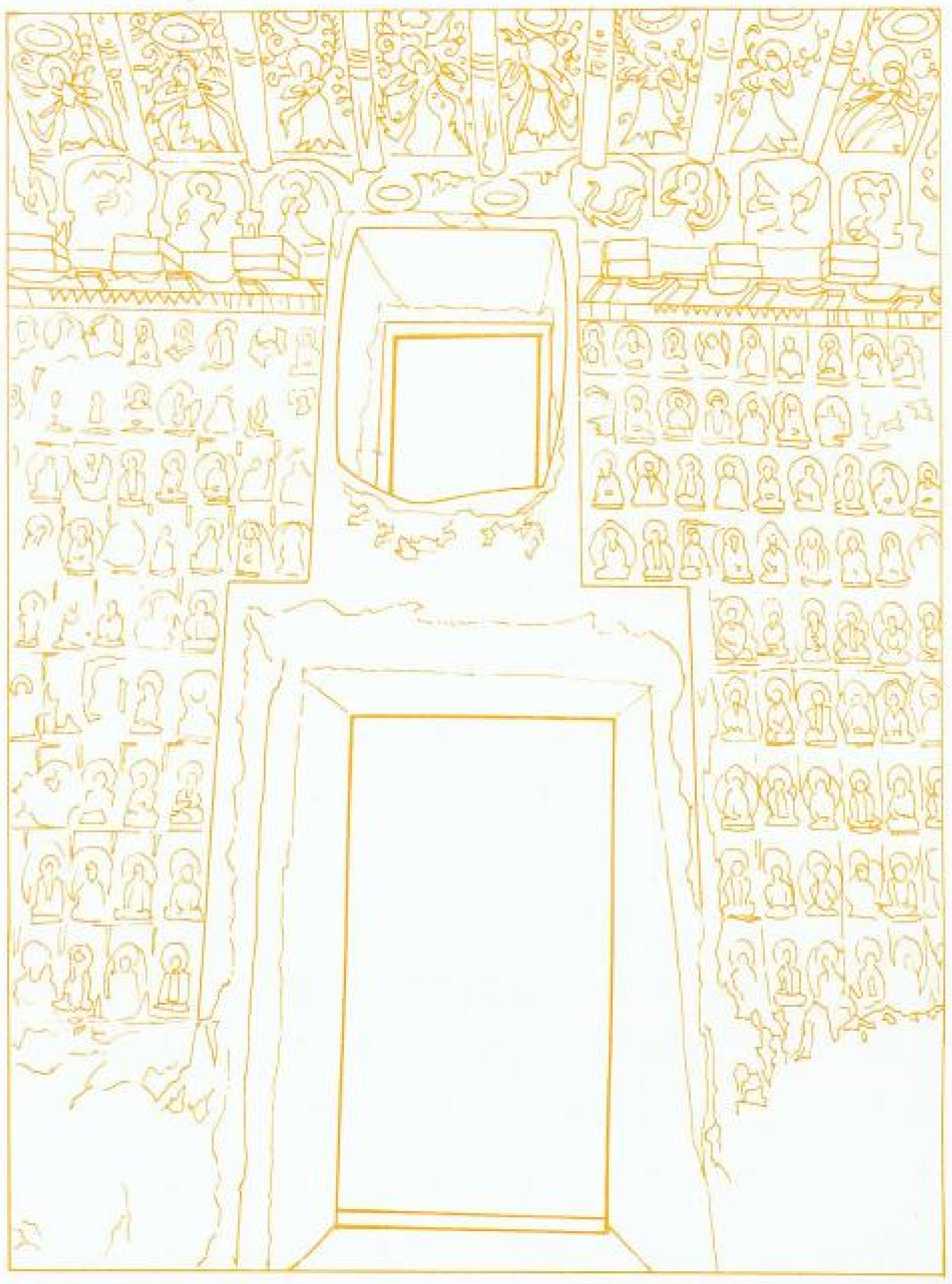


图10-1-8 敦煌莫高窟254窟北魏明窗

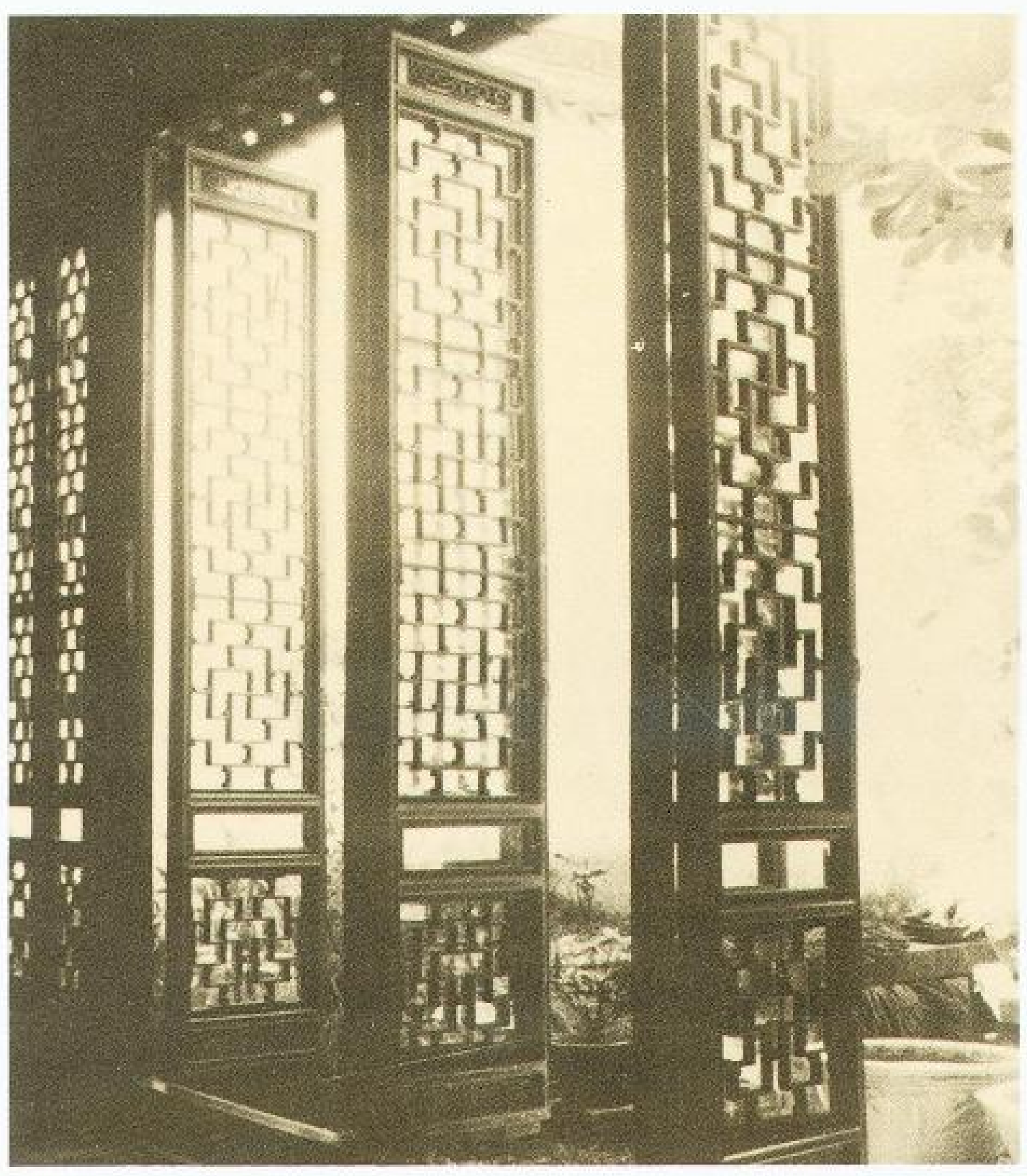


图10-1-9 苏州住宅落地隔扇



图10-1-10 浙江湖州民居垂直转动窗

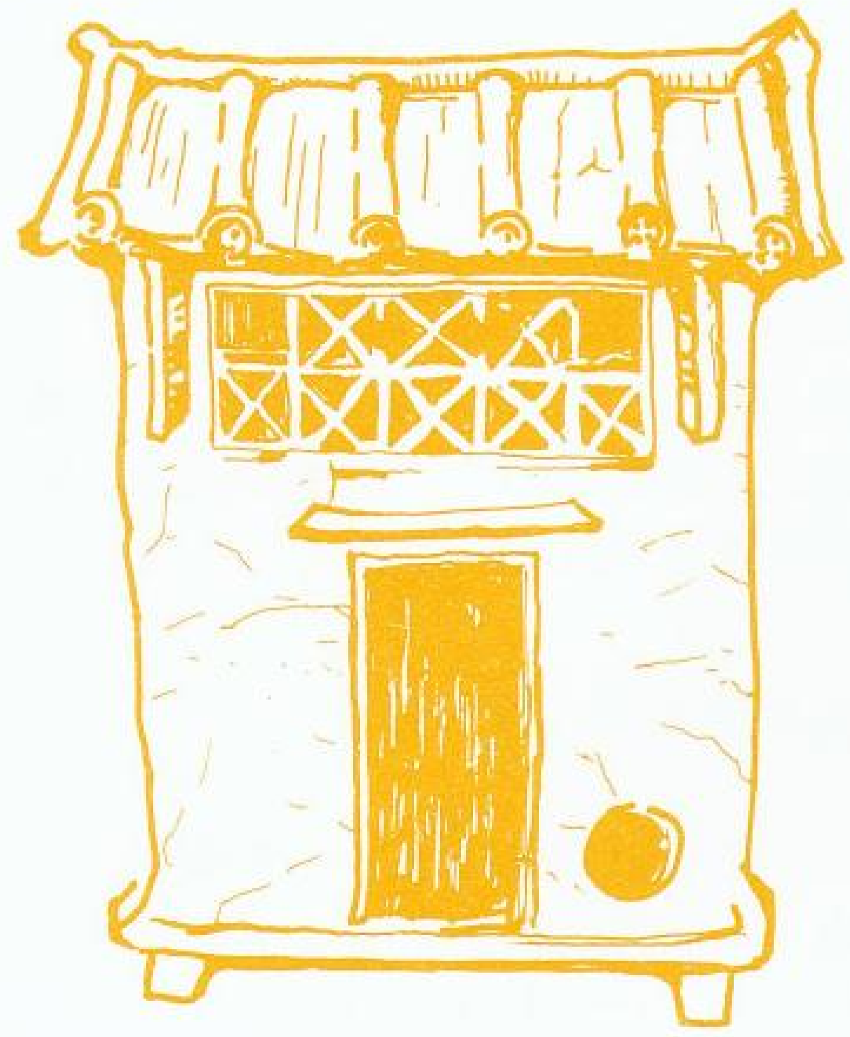


图10-1-11 汉代明器中的横披窗



图10-1-12 （1）广州汉墓出土明器上的漏窗之一



图10-1-12 （2）广州汉墓出土明器上的漏窗之二



图10-1-13 汉明器大门两侧的通风墙

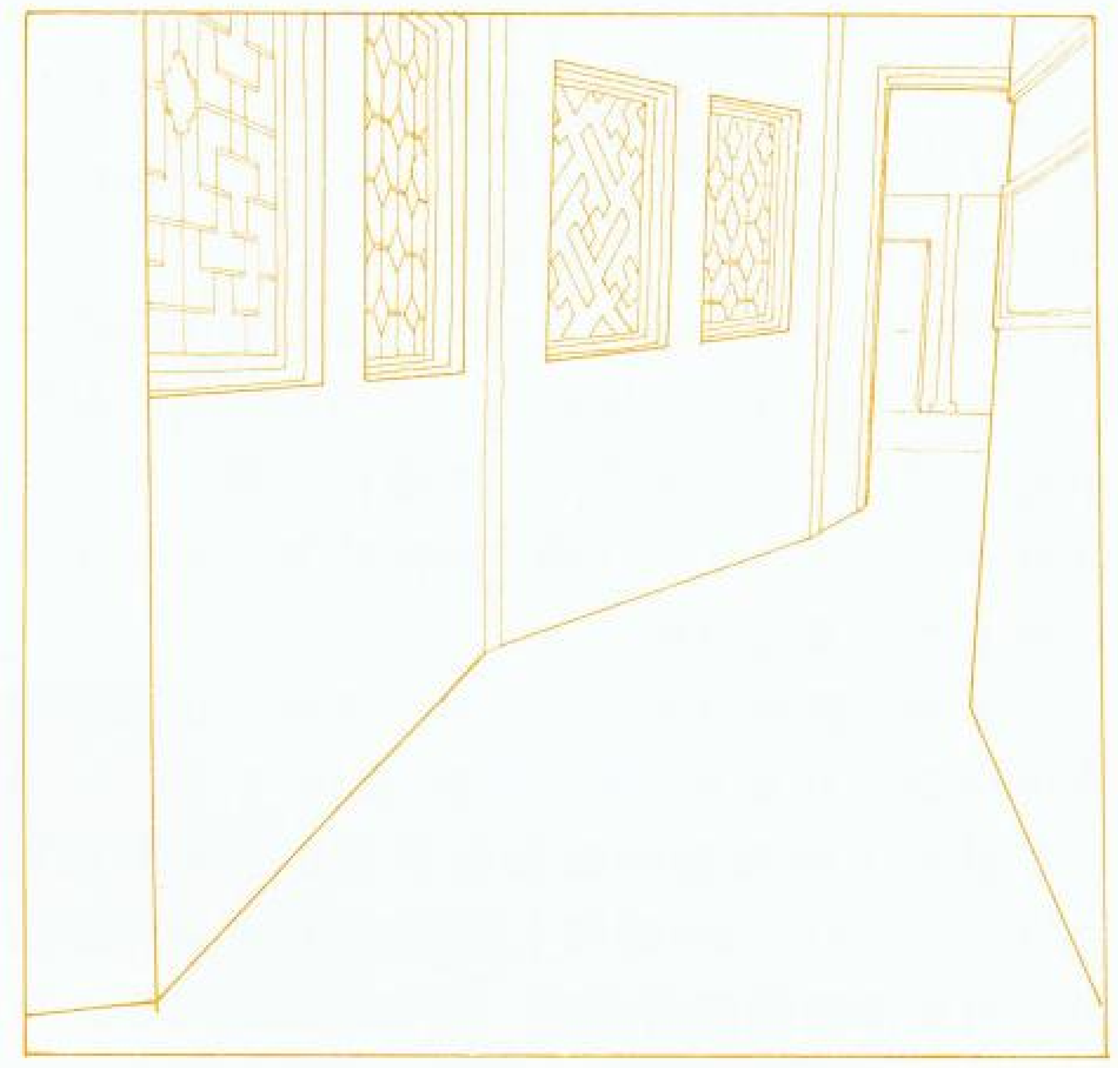


图10-1-14 （1）江苏民居通风花墙



图10-1-14 （2）广东民居通风花墙

空气可以从门窗下部进入，从上部流出，由热压形成空气的流动。

古代窑洞住宅只有洞口可以通风采光。为了尽量争取通风采光面积，通常把整个洞口面积几乎都安上门窗。有的在窗的上方还开有通风窗孔，以取得室内空气的对流。石窟的洞口，不安门窗。甘肃天水麦积山石窟西魏135洞，平面为马蹄形，剖面是前高后低。洞门上有三个窗口，窗口向内一面凿成喇叭口状。经观察可以看出，空气由门进入，回流向上，由窗口排出，证明当时人们已意识到利用洞侧门窗高低差产生的自然热压气流，达到通风排烟的效果。

漏窗或通花墙最早见于汉明器。广州出土的汉明器所见的漏窗，有的用在院围墙，有的用在外檐墙和山墙(图10-1-12)，花墙则用在前廊的进门两边(图10-1-13)。到了明清，漏窗在住宅和园林中应用更为广泛。我国传统建筑往往用院落来分隔空间，运用花墙和漏窗可以促进各院落间的空气流通，达到隔而不断的通风效果。外院墙设有漏窗和通花墙可以使凉风直入庭院。南方地区通花窗不仅起通风作用，而且还可以遮阳，反映出地方建筑特色（图10-1-14）。

门的主要用途是交通，但它的形式和组合位置对室内通风也很有影响。我国古代建筑的门式

样很多，而结合通风的需要所设计的门则有：格扇门、帘门、多宝格门、木栅门、罩门、太师门等（图10－1－15）。格门的上段用玲珑透剔的格扇，夏天可通风，冬天则糊纸，打开是门，关上就是窗；帘门常用在套间的间墙或通向内院的墙上，有竹帘、纱帘、珠帘等，有挡视线而不甚影响通风的好处；多宝格门、木栅门、罩门等，共同特点是通透而又有分隔空间的作用，使气流可以畅通无阻通过房间。

屋顶开窗洞具有较高的通风效率。汉明器的仓库模型已有屋顶气窗的形象（图10－1－16）。四川彭县出土的画象砖粮仓也有通风气楼的形象（图10－1－17）。宋《清明上河图》所反映的建筑物中已有屋顶老虎窗的形式，这些屋顶通风形式直到明清还在民间中流传。明代出现的无梁殿，因

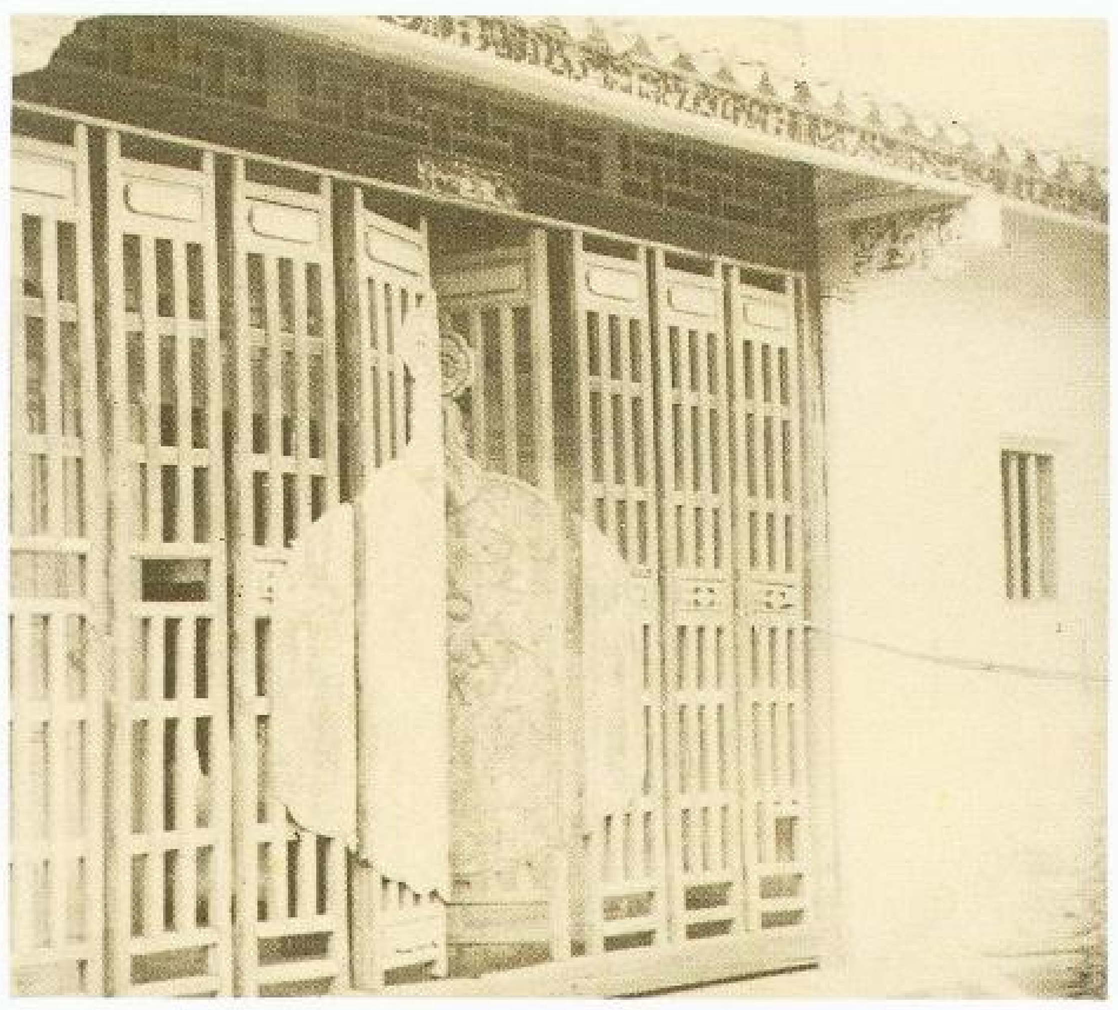


图10-1-15 广东潮州木栅条门

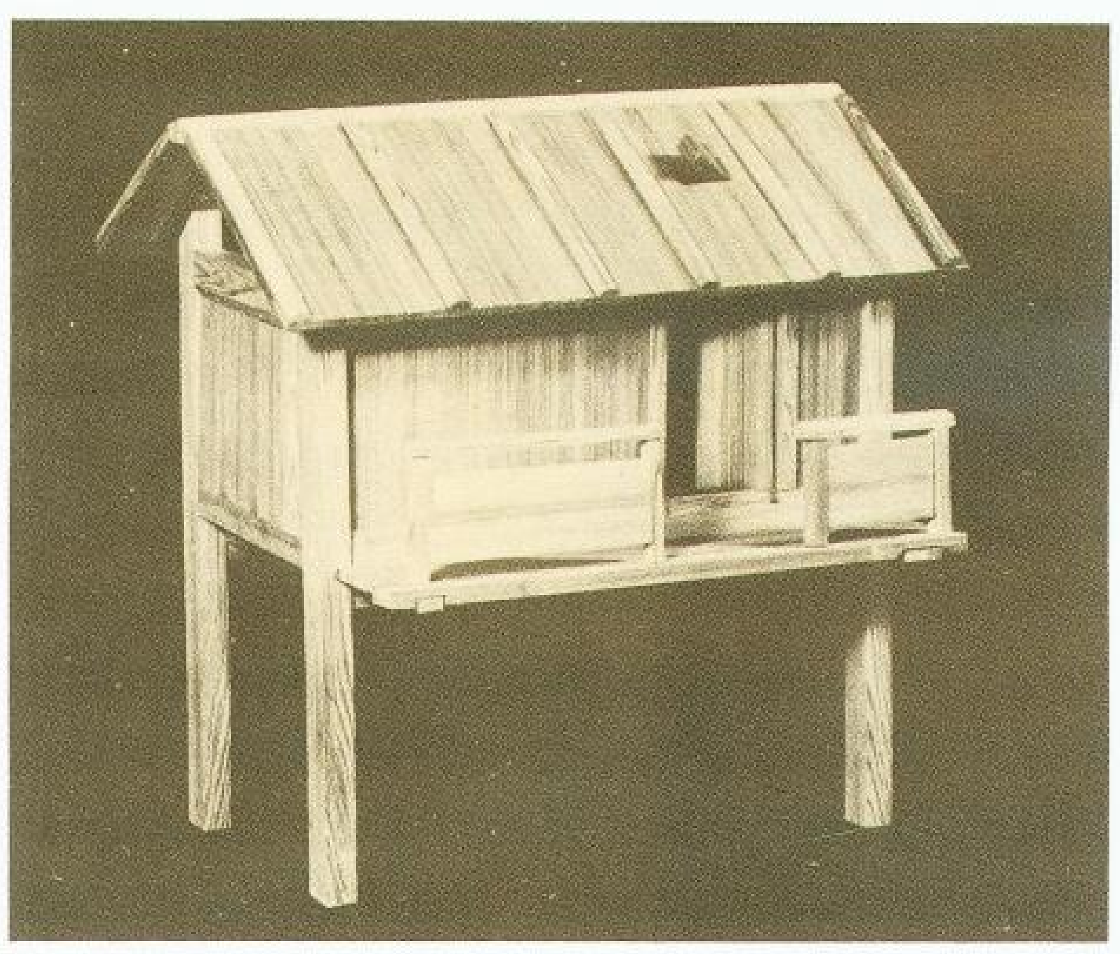


图10-1-16 广州汉墓出土木仓模型中的屋顶气窗



图10-1-17 四川彭县出土汉画像砖上的粮仓通风气楼

墙厚而不利于通风，开窗也受到结构的限制，古代工匠则在山墙高处开镂窗（如北京皇史宬）和在屋顶开排气洞（如南京灵谷寺）等来解决通风问题。

《西京杂记》卷一有一段风车的记载：“长安巧工丁缓，作七轮扇，连七轮，大皆径丈，相连续，一人运之，满堂寒颤”。丁缓是汉代人，所以说汉代已有机械通风的先声了。

二 古代建筑的采光

古代建筑中采光与通风的措施往往是联系在一起的。室内的自然采光主要是靠开设门和窗。《淮南子·说山训》中有一段论述：“受光于隙，照一隅，受光于牖，照北壁，受光于户照室中无遗物。”又说：“十牖毕开，不若一户之明”，说明牖和户曾经是汉代以前主要的采光方式，户的作用比牖更大。

自汉代出现直棂窗以来（见汉明器），窗的采光系数大为增加。但相应地却产生了防止冬季寒风入室的问题。《后汉书·梁冀传》中有：“窗牖皆有绮疏青琐”的记载。“绮疏”可能是一种遮阳挡风具有透光性的织素。纸虽在西汉已经发明，但用在建筑上作糊窗纸则大体在唐代。冯贽《云仙杂记》述：“杨炎在中书后阁，糊窗用桃花纸，涂以冰油，取其明甚。”说明古人在实践中已懂得糊窗纸涂油以后，既增加防水性，又可增加纸的透明度。这种窗纸刷油的做法沿用了很长时间，一直到近代，北方民间窗纸上还刷桐油一度，或喷生油一道。吉林地方窗纸上多喷酥油，大豆油一遍。

《营造法式》有造破子棂窗的制度，破子棂的横截面为三角形，尖端朝外，利于光线入室，里面平的一边，便于糊纸，既节约木料又很实用。

古文献中有“水晶宫”、“水晶帘”的描写。《世说·言语》中记载的“晋武帝坐，北窗作琉璃屏”，推测是一种玻璃物质。明《天工开物》也有“凡琉璃石与中国水精，占城火齐，其类相同，同一精光透明之义”的记载，但建筑上真正使用玻璃，据现在实物为证。直到清乾隆年间才用在故宫窗户上。

天窗的应用于采光也很早。汉《鲁灵光殿赋》有“天窗绮疏，发秀吐荣”的辞句，说明最晚汉代已有天窗了。高低天窗组合屋顶，常见于新疆、西藏、甘肃、内蒙古等地的喇嘛教寺院的经堂建筑。如甘肃夏河拉卜楞寺闻思学院，为解决大面积房间的采光问题，而把中间三跨的平顶升高一层，有如现代工厂的垂直天窗。

古代有“光厅暗房”的俗语。就是说日常活动的厅堂光线要足，居住寝室光线要暗一些。唐代《无隐子·安处》对居室的采光要求有如下的论述：“在乎南向而坐，东首而寝，阴阳适中，明暗相半。屋无高，高则阳盛，而明多。屋无卑，卑则阴盛而暗多。……四边皆窗户，遇风即阖，风息即闿。吾所居座前帘后屏，太明即下帘以和其内暗，太暗则卷帘以通其外耀，内以安心，外以安目”。说明古人对房间的采光已有细致的考虑：一是认识到寝室的采光亮度要适宜，不应太亮或太暗；二是认识到房间的高度会影响室内的亮度，因为房子高，门窗也会相应增高，所以光线就增强了；三是考虑到用窗帘和屏障来调节室内光线的亮度。

室内采光除直接与采光面积相关外，还与室内墙面、天花的反射率有关。墙壁和天花板的颜色和质地都影响着室内的采光效果。何晏在《景福殿赋》中谈到天花用色时说：“周制白盛，今日维缥”。说明早期宫殿门窗采光受局限，曾从天花板用色上考虑白色、青白色以加强反光作用（一说指窗白盛，而非天花白盛）。

宋范成大《桂海虞衡志》记述：“滑石，土人以石灰圬壁及未干时以滑石末拂拭之，光莹如玉。”《笠翁偶集·居室部》记述：“石灰垩壁，磨使极光，上着也；其次则用纸糊，纸糊可使屋柱窗楹共为一色。”又唐白居易《香炉峰下新卜山居草堂初成偶题东壁诗》中，也有用纸糊窗壁的材料，说明古代人们是很注意白灰粉刷和纸糊墙面的反光作用。南方民居则更进一步把天井和院子周围的外墙面也用石灰粉刷，有利于光线反射入室，增加室内的亮度。

《春秋繁露》说：“广室多阴，远天地之映”，按字义理解，面积大的房间，由于得不到阳光的照射，会感到光线不足。我国古代建筑的进深和面宽是有一定比例的，早在《考工记》中就记载：“夏后氏室，堂脩（进深）二七，广四脩一”。这种比例关系的控制是有利于房间的天然采光的。檐口高度与采光也很有关系，清工部《工程做法》规定：明间面宽为一丈，檐柱高为7.5尺，出檐为柱高的三分之一。《营造法原》以歌诀方式规定，“将正八折准檐高”，就是说将正间面阔的八折作檐的高度。北方一般民居的朝南房间的檐高，通常是以冬天的太阳光线能够投射到房间内超过进深的中线为准。

影响室内采光的因素很多，除上面所谈以外，建筑的地坪高低和建筑群之间的竖向标高关系，以及个体建筑的断面设计，都影响房间的明暗。北方把台基的高度叫“台明”，同样位置大小的窗户，当房间地坪抬高以后，窗口受周围环境物的遮挡少了，即是在阴天亦能照射较多天空的漫射光线，采光自然会好些。在建筑群的竖向布置上，南方民间有口诀：“地盘进深叠叠高，切勿前高与后低”。在广东潮汕地区对前后建筑的标高关系还有一种叫“露白”的传统法则，即人站在厅堂的后墙位置，要求能看得到白色的天空，使人仰望天空的视线不至于全被前后的围墙顶或前幢房子的屋脊所遮挡住。有些建筑的前后檐高度是不一样的，前檐比后檐要高些，尽量争取前檐多射光线入室。

我国古代有一种特殊的建筑，叫罗汉堂。它的功能是要摆设数百个具有各种形态各种表情的雕塑罗汉，供人们参观，以达到宗教的目的。因此，要求建筑应有良好的采光条件。现在的明清时代所建北京碧云寺罗汉堂、成都宝光寺罗汉堂、昆明筇竹寺罗汉堂、苏州戒幢寺罗汉堂等都属于这类建筑，它们的共同特点是：（1）采用田字形

平面，上部设有若干天井作采光口，自然光线可以直接从一面或两面照射到每一个罗汉像上；(2)檐口高低适宜，沿天井周围有成列高窗采光，采光系数约1/3～1/4，使室内有足够的亮度；(3)天花为卷棚式。用“彻上露明造”，瓦底全部刷白，室内卷棚就是一个很好的光线反射面。除直接光源外，还有天井地面反射到卷棚底再反射到罗汉象上的间接补助光。所以大多数罗汉栩栩如生的细部表情都能看得一清二楚。罗汉堂从一个侧面反映出我国古代对某种建筑的特定采光要求已有细致的考虑。

第二节 古代建筑的防腐和防蚁

一 防 腐

木材易腐朽，砖石会风化，因此防腐蚀是延长建筑物寿命的重要防护措施之一。

四川民间有一句谚语：“柏木从内腐到外，杉木由外腐到内”。从现代科学分析，木材的败腐原因有两种，一种是由于木材表面的腐败菌的侵蚀。杉木的腐败是属于这种现象；另一种是由于钻孔菌虫由内及外的腐蚀，柏木即属此种原因腐蚀的。

在古建筑中，凡暴露于室外的木栏杆、木柱、飞椽头、昂嘴、封檐板、木门窗等，由于经常受风吹、雨淋、日晒而表面产生皱纹、隙裂和起翘等现象，久而久之则全部木材逐渐解体，强度消失。这是因为木材的外表面与内层的木质纤维，因受干湿、冷热的影响，产生压缩与伸张应力的交替变化，而遭受重复的尺度变动所致。另外风砂冰霜的剥蚀，阳光紫外线和氧气所产生的化学变化，也助长了木材的风化。

至于砖石建筑的腐蚀原因，主要是水分子冰冻膨胀产生的剥离现象及空气带来的或地下水上升的酸、碱、盐对建筑由表及里、由浅入深的物理破坏和化学作用所致。例如东南沿海地区的古代砖塔和民居的砖、石、土坯墙体，常常被台风、海风带来的含有盐分的空气、雨水所腐蚀，而表面逐渐风化脱落。

我国古建筑以木结构为主体，木材的防腐处理就成了防腐技术的主要课题。我国古代工匠很早就知道冬天采伐的木材较为干燥、坚实，不易腐蚀。春秋时代的《礼记·月令》就提到：“仲冬之月、日短至，则伐木取箭”。汉代崔实云：“自正月以终季夏，不可伐木，必生蠹虫。”[1]这是古人经验的总结。

木材的种类多，自然抗腐蚀能力也各有差异。从晋郭璞所说“楮木似松生江南，可以为船及棺材，难腐也”[2]的论述证明，在晋以前，人们就注意到选取耐腐的木材。《三农纪》卷七对杉柏耐腐也有如下记载：“杉理起罗纹者，入土不坏，可远虫甲。”“柏老者入水土，年久难朽。”[5]云南少数民族至今还按传统选用耐腐的“禾毛树”、“麦干令树”（德宏傣语）、“黑心树”、“毛栗树”（西双版纳）等木料作柱、梁。

建筑北京故宫在选择木材上是经过周密考虑的，如柱子多用楠木、东北松、柚木；梁架多用楠木、黄松；椽檩和望板多用杉木；角梁和门窗台框多用樟木，脊吻下的构件多用柏木。这种因材致用，主要是从防腐防虫出发的。古代工匠在实践中懂得杉木暴露在空气中不易腐蚀。柳木、柏木、红松埋在水土之中是较难败腐的。故南方民间有“水浸千年松，搁起百年杉”的俗语。在广东和云南的少数民族，通常选用一种“黑心木”时，只选取心材，抛弃其边材，说明还认识到同一根木料也有其耐腐和易腐的部分。木材与地面、墙体交接的部位，是最易腐烂的薄弱环节。这方面，古代工匠曾采取了一些相应的防腐措施：

(1)采用柱础，从殷商时期的铜锧、石础，一直到后来广泛发展的各种石柱础，都避免了木柱与地面直接接触。甚至在一些地区，连木门槛、木地栿都设法离开地面。

(2)搁在外墙上的桁、梁端部，梁与柱的交接处，以及楼梯的最下一级等易腐部位，广西侗族民居和明清北京故宫，通常是采用浇涂桐油的方法来防腐，具有一定的效果。处在阴暗潮湿中的屋角梁檩，中脊栋檩、阴沟水漕、吻下木料、瓦下望板、柱与柱础间的榫窝等，菌类均易于繁殖，而且这些部位的腐败不易发觉，故古代工匠很注意这些构件的防腐处理。据调查，北京故宫常见的措施有：在望板上加护板石灰；上下瓦间的空隙不填灰浆，让其通风排除湿气；中脊和吻下的木料周围放有木炭；柱与础的榫窝空隙填放生石灰或木炭，老角梁和仔角梁常用较耐腐的紫杉或樟木等。

(3)屋顶、阁楼、扶脊木、脊檩等，如通风不良很容易腐烂。从汉明器和汉画象石所反映出的建筑形象可知，最迟东汉以前就已有山墙通风洞、通风气楼、檐下通风口等做法，以加强通风换气。架空的木地板下面，一般都设有通风口。如图10-2-1，是北京颐和园大戏台下的通风眼孔。

(4)对于土墙砖墙和木柱的关系，唐佛光寺大殿已经采用了八字门外露柱的方法，使木柱能保持通风。元代永乐宫建筑，埋在墙体中的檐柱周围都裹有芦苇或瓦片防腐。北京明清故宫的埋墙木柱，柱周围裹有瓦片，空隙中填有干石灰，柱门的上下还有砖雕花通风口。江南和西南地区的古代民居，有的木柱与围护墙是分开的，中间相距约20—40厘米，使木柱经常保持通风干燥，



图10-2-1 北京颐和园大戏台下的通风孔

可减轻腐朽。古代工匠很早就注意到木材在经常交替干湿的部位容易腐败的现象，并对此作了一些处理：

1)临水建筑的木柱通常用石柱代替，如宋代建的晋祠鱼沼飞梁的桥柱，浸水柱子都是用石柱；上海豫园水榭的水中柱子，也全用石造。南方许多建筑用石柱，北方较少。

2)水桩通常打入地下水位之下。据《法苑珠林》卷五十一“故塔部”记载，隋建郑州超化寺塔的桩基是“皆下安柏桩，以炭、砂、石灰次而重填”。

3)尽量使木材少与雨水接触。据文献记载，长安灞桥的木梁上是用灰土压面的。广西三江侗族程阳桥，为了保护木桥不受雨水的侵蚀，整座桥面都加盖桥廊，使木材经常保持干燥。

4)易受雨水淋涮的飞椽头、廊柱等常用油漆覆盖，挑出山墙的檩，桁条端部，通常加钉封檐板封护，防止雨水从木端浸入。

埋入泥土中的木构件，每在其四周灌满灰浆以求坚固，在北京后英房元代居住遗址得到了证实。据发掘可知，夹门柱（约当清代垂花门的中柱）是插在砖砌的灌满白灰浆的洞穴中，待灰浆凝固后，木柱则与石灰砖体粘结成为整体。就可以使木柱经久不腐。明清现存的木牌坊柱子，一般木柱基础内和夹石中的空隙多围护有木炭，或灌有石灰浆，以起防腐作用。

至于木材本身的防腐处理，我国古代劳动人民经过长期实践积累，创造了药剂法、浸渍法、涂刷和油漆法、烟熏和焦炙表皮法：

(1)药剂法：后魏《齐民要术》记述：“将青松斫倒支枝，于根上凿取大孔灌入生桐油数斤，待其渗入，则坚久不蛀，他木亦同。”又明周履《群物奇制》也提到：“活湿松木段柱顶上凿一窝洞，以桐油注入，搁起一夜，则水自下流，干又不生白蚁。”这种方法，现代科学已得到相似的证实。

(2)浸渍法：在公元四世纪（晋）葛洪所著的《抱朴子》中，有“铜青涂木，入水不腐”的记载。铜青即醋酸铜，是一种杀菌药剂。现代科学证明，把木料泡在铜青溶液中处理，确有良好的防腐效果。广东一带民间，也有采用石灰水、海水、盐水、明矾水来浸渍防腐要求高的木材，更有用开水煮沸的方法，当时叫“去性”，即把木材易腐的性质去掉的意思，实际是灭菌处理。

(3)涂刷和油漆法：殷商时期已有采用矿物颜料涂饰木材表面和使用漆器了。矿物颜料有一定的覆盖力和杀菌性，油漆有一定的隔绝空气和水分的性能。春秋战国时的文献中记载有“丹楹(柱)”、“相胶欲朱色”、“漆林”、“山节藻棁”等词句，说明当时油漆技术已进一步发展。从《淮南子·说山训》和《人间训》篇中得知：

1)木材表面只涂丹(即辰砂、硫化汞之属)可以，而油漆前未涂丹则不能保证油漆质量。

2)还未干透的木材加表涂会变形和虫蛀。可见汉代油漆和表涂的技术水平已相当高了。据现存的唐宋木构建筑的实物调查，一般木柱、木梁、斗拱等主要构件多用赭石、土黄、白垩、土红等无机颜料加胶水分数次涂刷，少量还采用了朱砂、

铅丹、石青、石绿、雄黄等颜料，这些颜料在唐以前的医书中已说明有含毒防虫的作用。以上涂料如加有动物胶或植物胶后，则增加覆盖粘着力和防水绝缘性，且不致剥落，实践证明有较好的防腐防虫效果。《营造法式》有关油漆彩画等论述，足可以反映宋时期防腐技术的成就。到了明清，油漆彩画技术得到进一步的发展，值得注意的是，针对木料的拼镶，出现了地仗、披麻捉灰和抗裂铁箍等做法，油漆的成分和施工质量也有显著的提高，木构件的覆盖层加厚了，防水、抗湿性增强了。

3)烟熏和焦炙表皮法：经常烟熏房间，在客观上是起控制木材表面菌虫繁殖生长的作用，据广东海南黎、苗族建筑调查，凡是室内经常有火塘烧熏的房子，建筑寿命则较长些。江西有些地方把建房子的木料预先放在地坑中用谷糠、锯末烟熏焗后才使用，据说能稍起防腐作用。在西南和华南民间还流行着一种用烟火熏烧木材表皮的方法，即将埋入土中的柱头部分，经烧烤使其表皮焦黑，形成炭化层，能增加木材的耐腐性。

关于金属材料的防腐措施，战国时就发明了鎏金技术。现存的广州光孝寺南汉铁塔，因表面采取鎏金防腐，至今还保存完好。焦氏《易林》有"金梁铁柱千年牢固完全不腐"的记载，事实上铁是极易生锈腐蚀的，古建筑中是尽量避免使用铁构件的，但有些建筑由于构造的需要不得不采用铁构件时，工匠们就选用不易生锈的生铁来铸造，或在铁件表面加油漆护面。如北京故宫脊下铁件及其他铁构件亦加油漆，就是例证。

砖石墙体的主要防护措施是抹面。《尚书·梓材》有"若作室家，既勤垣墉，惟其涂塈茨"的记载。自汉、晋、南北朝、直至唐宋，外墙面抹塈茨，内墙面涂白灰、蜃灰的防护措施一直在沿用。自砖大量应用后，才出现磨面清水砌墙。

我国琉璃砖瓦出现以后，琉璃砖贴面就成了高质量的砖墙防护措施。北宋建的开封祐国寺铁塔，外壁全用褐色琉璃砖饰面，近千年来塔面旧砖基本上没有风化，可见琉璃面砖防腐蚀的优良效果。

二　古代建筑的防蚁

白蚁对木建筑危害极大。从古代建筑受蚁害的情况调查，白蚁多栖居在如下几个部位：

（1）与墙体交接处的梁头、托梁；

（2）与地面交接处的柱脚、脚板；

（3）门槛、窗框、梁柱交接的榫卯；

（4）在室外的桥头木、桩木、埋柱等。

危害木构建筑最严重的蚁种是地居性白蚁。古建筑常见的防蚁方法有如下几种：

（1）在木柱下垫砖石础墩，础高在45厘米以上者，可稍少受白蚁侵害。四川成都文殊殿藏经阁防蚁要求特高，是一例，其下层内外柱子全用石柱。有的建筑全用砖墙承重，少用或不用木柱落地，防地居白蚁效果更好。

（2）把接近地面的门槛、门框、地栿、栏干、托垫木墩等，改用砖石材料，或尽量使木材不与地面直接接触。

（3）古代建筑的台基较高，且常有突出线脚（如须弥座等），这些连续的水平线条，一定程度上有断绝蚁路的作用。另外古建筑选址注意向阳高爽，排水良好，以及注意清除附近的树根废桩和废材等。都是对防蚁有好处的。

防蚁与选用木材也有很大关系。我国古代工匠很早就发现有些木材对白蚁具有天然的抵抗力。苏东坡《西新桥诗》曾提到："独有石盐木，白蚁不敢跻"[4]。石盐木别名铁力木，坚硬如铁，出产于云南、广西一带，是一种很好的防蚁木材。清代屈大均《广东新语》也有白蚁"不触铁力木与棂木"的记载。棂木别名东京木，材质坚实，且有特殊气味。云南西双版纳和广东海南地区，除了选用这两种木料外，还选用臭樟、红椿、酸枝、楠木等。据分析，这些木材多有一种特有臭味，或坚硬难咬。杉木也是一种抗蚁木料，据科学分析，其心材中含有一种毒物。对杉木的特性，《农政全书·种植》卷三十八有如下认识："杉木斑文有如雉尾者，谓之野鸡斑，不生白蚁。"

《造斫》云："木性坚者，秋伐不蚁，木性柔者，夏伐不蚁。凡木叶圆满者冬伐不蚁。"说明我国古代劳动人民很早就已发现，不同季节采伐不同的木材与防止白蚁有关。按科学分析，坚实的木材，在秋天稍干燥的季节采伐是较难生白蚁的，而带有苦味的乔木，因本身有抗蚁性，所以夏季伐之问题也不大。至于一些阔叶林多孔木材，就要求在干燥的冬季采伐为宜。从历史上看，四川、云南东北广大地区还保持着不伐死木的传统。因为死木有可能已感染有蚁虫孳生，采伐作为建筑用材，有引起其他木材蛀蚀的危险。

古建筑为了使木材表面紧密，虫蚁无空缝可钻入木质内部，外露木材有用灰泥封护和施加髹漆的。此措施见于元王祯《农书》："内外材木露者悉宜灰泥涂饰，木不生虫"，灰泥中有石灰，对防蚁估计是有作用的。

我国古建筑中另一防蚁措施是将木材进行预先处理。明方以智《物理小识》中曾谈及：青矾是一种有毒的化学药品，木材经过青矾溶液蒸煮以后，药剂渗透入木质纤维内部。白蚁是不敢蠹蛀的。此外在南方民间也有用白灰水或海水浸泡木材的方法，据说可把白蚁喜欢吃的木纤维糖质去掉，并使木材内部渗入一些碱分和盐分，略起防蚁作用。明《本草纲目》有"白蚁畏烰炭、桐油"的记载。在古代寺庙和民间建筑中常见有用桐油涂木材的防蚁方法，也有在扶脊木等易受蚁蛀的部位放置烰炭的情况。明《群物奇制》谈到的木材"顶凿一窝子，用桐油注入"，使桐油顺木纹扩散到内部，而"不生白蚁"的方法，也是利用白蚁畏桐油的原理

第三节　古代建筑的防火

我国古建筑多属木结构，最易发生火灾，很早就已重视防火，强调"以防为主"。

《墨子》提出了"灶必为屏，必突高出屋四尺，慎无敢失火，失火者斩"的防火法治思想（突，即烟囱，古为排烟道）。

《左传》也记述了襄公九年春，"宋灾，乐喜（子罕）为司城，以为政。使伯氏（宋大夫）司里（里宰）。火所未至，彻小屋，涂大屋，陈畚（簣笼）挶（土举），具绠（汲索）缶（汲器），备水器（盆罌之属）、量轻重（计人力所任），蓄水潦，积土涂，巡（行也）丈（度也）城，缮（治也）守备，表火道（表明火灾所趋的巷道）"。这些记载已经总结了一整套防火救火经验。为监视、观察火情而专门建置的望火楼，最早见于唐汪元量的《湖州歌》："淮南渐远波声小，犹见扬州望火楼"。有关望火楼的具体情况，宋《东京梦华录》描述很详："又于高处砖砌望火楼，楼上有人卓望，下有官屋数间，屯驻军兵百余人，及有救火家事，谓如大小桶、洒子、麻搭、斧锯、梯子、火杈、大索、铁猫儿之类。每遇有遣火去处，则有马军奔报。"这一类望火楼的具体形象，南宋"静江府城图"、"平江府城图"等碑刻上都有反映。

古代建筑的防火措施，可以从两方面来看：

（1）从组群布局来看：火灾的主要原因，据我国古文献记载，很多情况下都是由于"地迫屋狭"、"檐庑相逼"、"邑宇逼侧"、"土居褊狭"、"重屋累居"、"邻舍失火，屋比延烧"等情况引起的。这都是建筑群的总体布局的问题。我国古代劳动人民在不断总结火灾起因的基础上，对建筑群体的规划，逐步考虑到：划分坊里，开辟火道，设置火巷，开扩广场空地，绿化，挖沟渠水面，凿井陂池等防火措施。

《新唐书·杜佑传》中有唐代杜佑因广州"途巷狭陋，"而"为开大衢"来满足防火要求的记载。《宋书·善俊传》也提到："知鄂州，适南市火。善俊亟往视事，弛竹木税，发粟振民，开古沟、创火巷，以绝后患"。这些都是从建筑群的布局着手来防备火灾的例证。

据明田汝成《西湖游览志》记："至元时，两岸民居稍稍侵切，然绰楔（即牌坊）无敢跨街建者"，同书解释原因说："杭城多火，自绰楔跨街，而火益炽，以木则易于燎延，以石则人惮崩摧，莫敢向迩扑救。"说明牌坊跨街，当街一边发生火灾时，会起引火的作用，且在火灾时易于崩塌伤人，有碍救火，所以自元以后杭州就不建牌坊了。

从宋《梦梁录》描述的"塌房"货栈"为屋数千间，四面皆水，不惟可避风烛，亦可免偷盗。"由此可以证明：四周环绕水面确实是有把防火功能考虑在内的。

明清北京故宫总结了前人经验，防火方面考虑很周到，现分析如下：

1)前三殿、后三宫等主要建筑都独立成院，客观上提供了一定的防火距离，对防火是有利的。

2)相连过长的廊屋，每相隔一段距离设有一防火间，内全为砖石构筑，使一边失火不至蔓延到另一边。

3)东西六宫及其他独立建筑群组均有高墙分隔，自成一院，失火不致引烧一大片。

4)各宫区都有火道，火巷分开，既是防火隔断，又便于火灾时安全疏散及进行抢救。

5)宫内有水沟、水池、水井，主要建筑前面和主要宫院内多放置有蓄水缸，以备水防火。

6)宫城外有城池周绕，且城墙和城门楼高耸，以防火攻。

至于一般第宅的平面布局，从汉画象砖，汉明器和唐宋画所见的古代住宅建筑可知，一般易于起火灾的厨房是布置在建筑群一角的，或厨房本身独立分开。至今遗存下来的广东潮州宋府、明府和福建、广东的客家民居，仍然保持着这种遗制，且厨房多用不易起火的土坯，砖石山墙承重，并有火道、火巷与主要建筑相隔，其防火意图是显然易见的。

（2）从个体建筑来看：首要措施是用耐火材料取代易燃材料。如从西周初期开始屋面用瓦，比草茨耐火性大为增强。《孔六帖》记载："杨于陵出为岭南节度使，教民陶瓦，易蒲屋以绝火患"。说明瓦的推广是与防火有关的。

用砖石建筑代替木构建筑，是防火技术发展的一种趋势。在汉代，人们已有意识地建造石室用以避火。

到了两晋、南北朝，木造佛塔已逐步被砖石塔所代替，如登封北魏嵩岳寺塔便是其中例证。唐以后，佛塔以砖石为主，木塔日渐稀少。其他砖石作（如栏杆、平座、墙体等）经验也日益丰富，到了宋《营造法式》已把砖石制作列为一种制度了。随后出现了砖木混合结构形式，如广东潮州宋驸马府，除厅堂用木构架结构外，其他多用山墙承重。明以后还出现了全砖石建筑——无梁殿，如南京灵谷寺、太原永祚寺，中条山万固寺无梁殿，北京斋宫和皇史宬等，这些建筑主要是为满足防火要求而建造的。

作为存放宫廷档案的皇史宬，可以说是这类防火建筑的典型。如图10-3-1所示，外围有高高的围墙与外界隔绝，建筑本身独立建在一个高台上。砖墙前后厚6米，左右厚3.5米，外界火起是无法内燃的。全部建筑用材，不用寸木，连门窗扇都用旱白玉造，建筑本身是无法起燃的。档案则用金匮密封在室内的白玉台座上。另外，所有的通风窗格都是用旱白玉雕成，飘火飞烬不能进入，其他檐口和屋面全用琉璃饰面，保证了整座建筑不会引火和起火。

最迟在明代，建筑中就出现了封火墙、护檐墙和隔火墙，在华南、西南的城乡最为常见。图10-3-2为广州郊区的封火墙，两边山墙通常高出屋面3—5尺。广东潮汕地区的封护檐墙，檐口为砖挑出檐，前后房子起火时，火势就难于从檐口引燃入室。图10-3-3为四川成都的封火墙，此墙高出屋面5—6尺，当一边房子起火时，亦难于引燃到另一边的房子，这些都是简易而行之有效的防火构造设计。

烟囱易于引起火灾，我国历代很重视烟囱的防火设计处理。《墨子》已有"突高出屋四尺"的规定，宋《营造法式》也规定灶突高要"视屋身出屋外三尺"。东北朝鲜族民居一般都把烟囱独立建在离茅屋3—4尺的地方。这些措施目的是不让带有火星的烟灰飘留到屋面，以免引起火灾。汉桓谭《新论》有"教人曲突远薪"的文句，意思是说

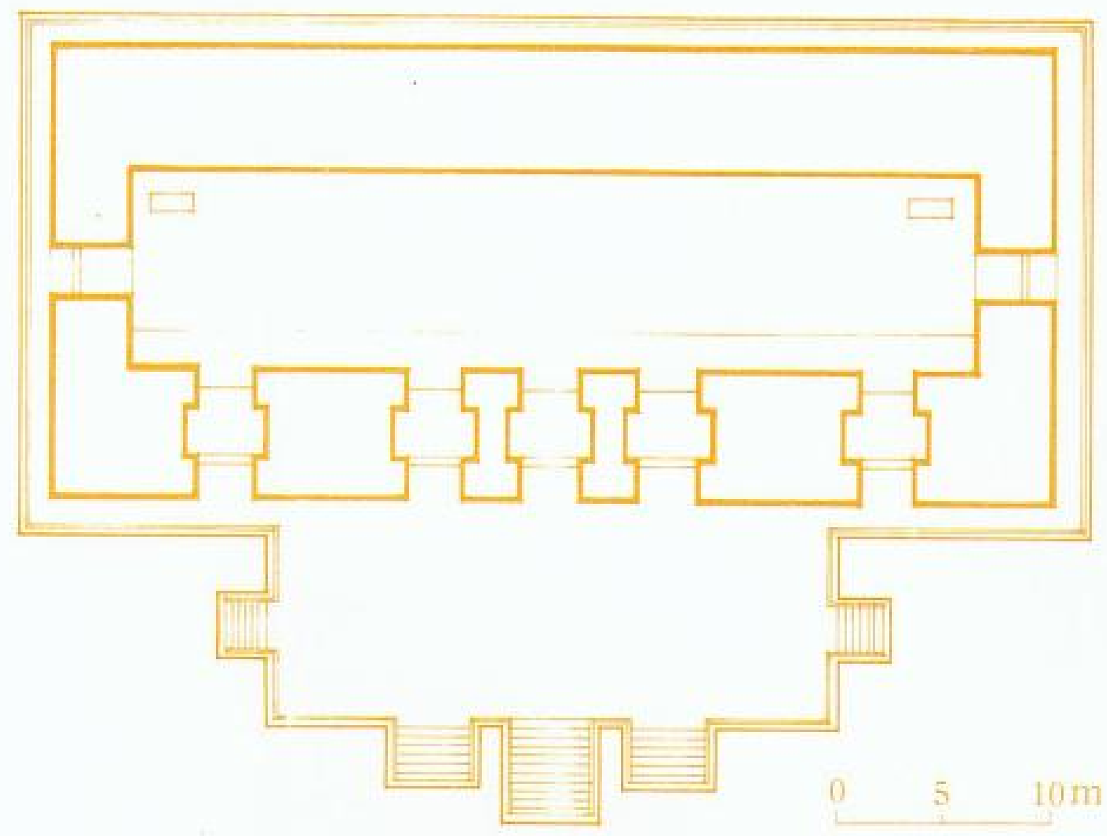


图10-3-1 北京皇史宬砖构无梁殿（明代）平面图

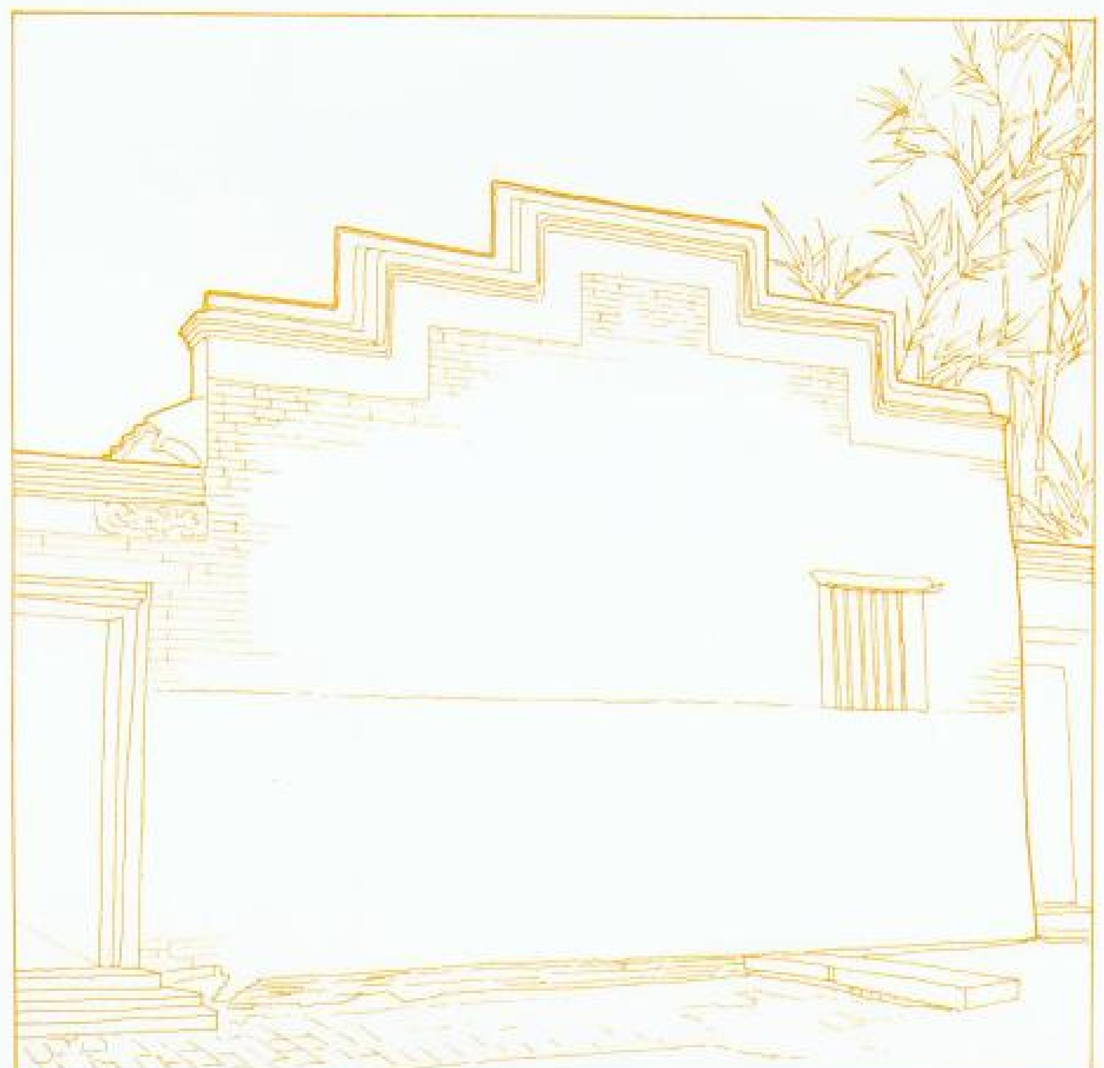


图10-3-2 广州郊区民居封火墙



图10-3-3 四川成都民居封火墙

烟囱不转弯则易带出火星，引起火灾。周鲁仲连撰《鲁连子》也有"灶五突"的说法。《韩非子》中有"涂突隙"的记载，就是说，烟囱有裂隙时要及时涂墁。这些都反映出对烟囱防火问题的重视。

"土涂"是我国一种古老的重要防火做法。元王桢《农书》有很详细的论述，现摘录如下："常见往年胶襄群，所居瓦屋，则用砖裹杣檐，草屋则用泥圬上下，既防延烧，且易救护。又有别置府庄，外护砖泥，谓之土库，火不能入。窃以此推之，凡农家居屋、厨房、蚕屋、仓屋、牛屋、皆宜以法制泥土为用。先宜选用壮大材木，缔构既成。椽上铺板，板上敷泥，泥上用油灰泥涂饰，待日曝干，坚如瓷石，可以代瓦。凡屋中内外材木露者，与夫门窗壁堵，通用法制灰泥墁之……至若阛阓之市，居民辏集，虽不然尽依此法，其间或有一焉，亦可以间隔火道不至延烧。"

直到现在四川成都有些地方的建筑还保存着"土涂"的防火做法，把一些易以引火的木柱、木梁和木构件等用草筋泥封护起来。南方一些考究的建筑，还有在大门木板门扇上贴面砖的做法以取得耐火效果。

必须指出，我国古代建筑中的防火技术虽然有一定的成就，但是由于历史条件的局限，还是夹杂着一些迷信的东西，如《风俗通义》说："殿堂象东井形，刻荷藻水物所以厌火也"，《西汉会要》说："太初元年十一月乙酉，未央宫柏梁台灾，后越巫言，海中有鱼尾以鸱激浪即降雨，遂其象以尾，以厌火祥"，《陈留耆旧传》说："刘昆为江陵令，民有火灾，昆向火叩头，即霈然下雨"。

第四节 古代建筑的采暖和防寒

我国古代建筑的采暖防寒技术从火塘发展到火地、火炕，自成一个系统，是古代应用科学的一项成就。今天只能从一些零星的文献记载和考古发掘材料中，勾画出一个大体的轮廓。下面主要讨论采暖，着重于火塘、火炉、炙地、火地、火炕。

一 火塘、炉灶

火塘是最古老最简单的采暖方式，在原始社会的居址中是主要炊事与取暖相结合的方式，近代一些少数民族居住建筑中仍然采用。后来有所发展，采暖的炉灶和炊事的厨灶逐渐有了分工(图10-4-1)。

从多种用途的火塘到采暖专用炉灶的发展过程中，最值得注意的是火塘、炉灶在建筑物中平面位置的变化。这可以分为三个阶段：第一阶段，火塘设在门口附近，是为方便于吸收氧气助燃，并能阻挡冬天从门口往里吹的冷气流。缺点是热源不居中，采暖不均匀，当风向、气压不利时，烟气排不出去，同时火心离墙面或屋顶面距离太近，容易失火；第二阶段，火塘位置向后退，设在房间当中。这时屋顶上一般已经有专门的排烟设施，叫做"囱"。囱古写是个象形字，指屋顶当中开设的专门排烟孔。火塘居中，正对其上设有囱，这种考虑，从采暖通风的角度看，显然是一大进步；第三阶段，火塘再向后退，退居房间的深处角落里。这时采暖用的炉灶和炊事用的厨灶，一般已有所分工。《吕氏春秋·分职》记载卫灵公天寒凿池，苑春谏曰："公衣狐裘，坐熊席，陬隅有灶，是以不寒。"这个故事又见于刘向《新序》。灶与狐裘、熊席并列，无疑是采暖专用的炉灶了。洛阳中州路发现过一处西汉屋基，在东北隅有碎砖数块，间有红烧土痕迹，显然是一处灶址。秦

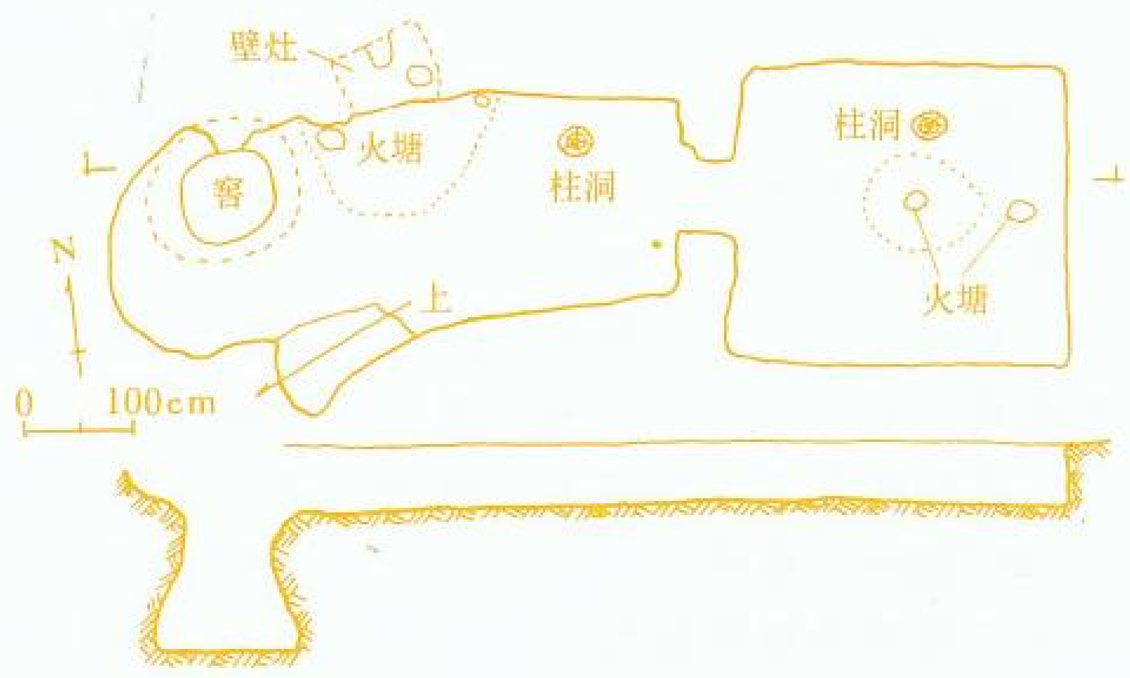


图10-4-1　（1）陕西客省庄二期H 98遗址平面、剖面

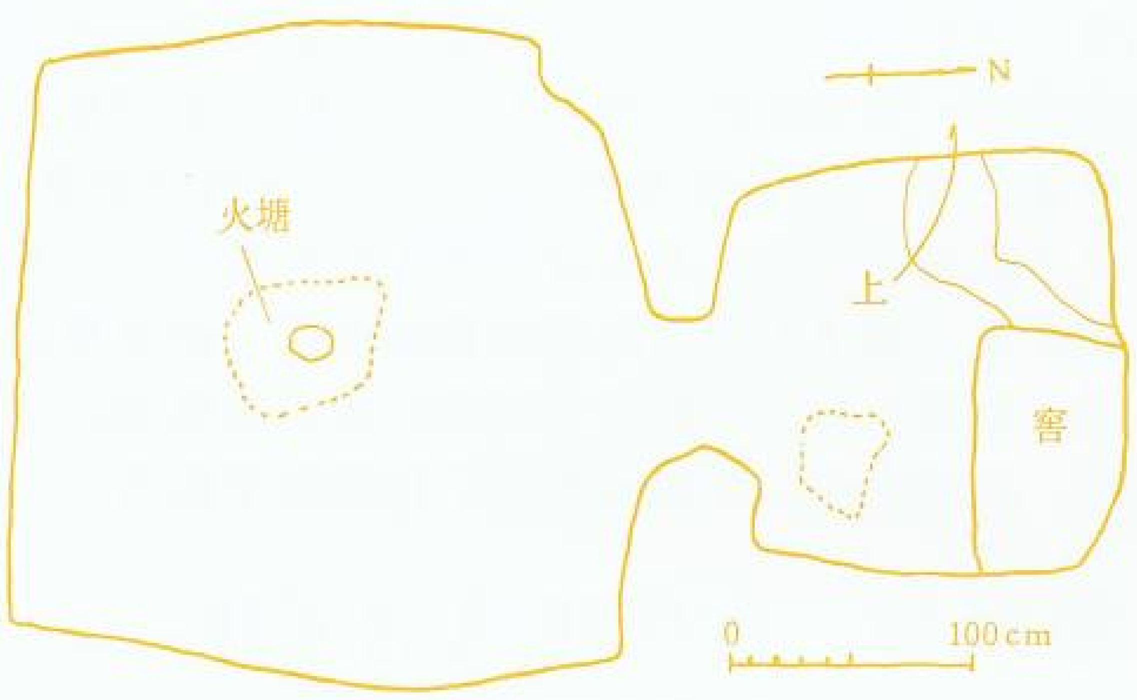


图10-4-1　（2）陕西客省庄二期H 174遗址平面

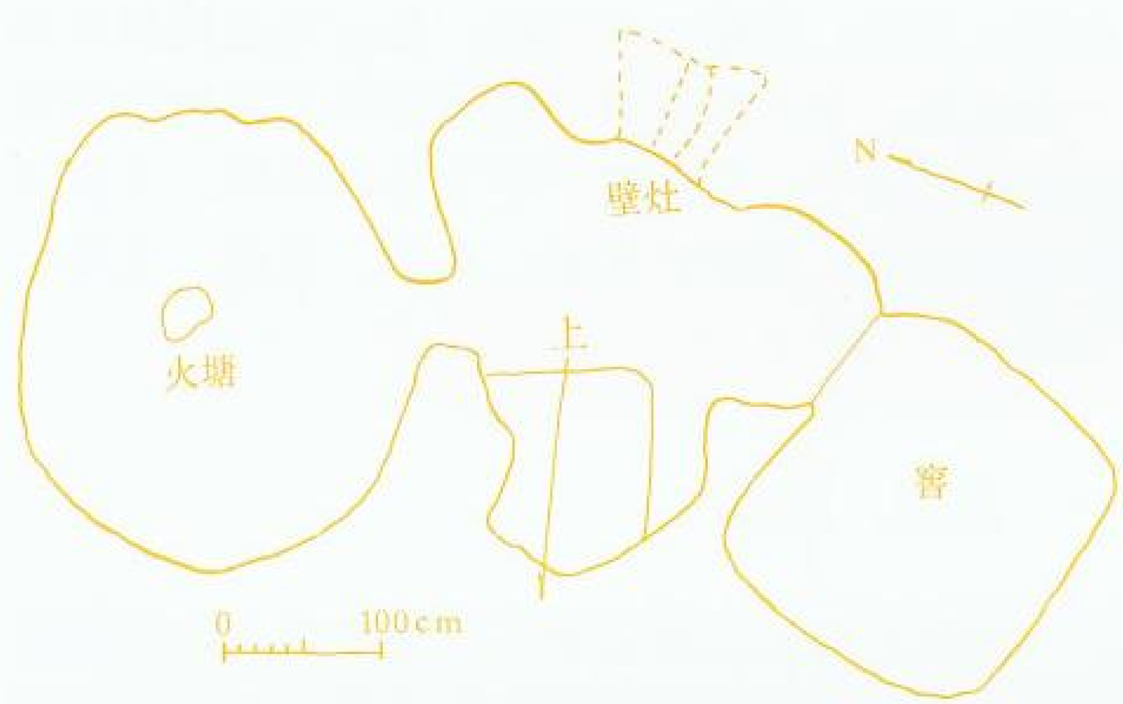


图10-4-1　（3）陕西客省庄二期H 108遗址平面

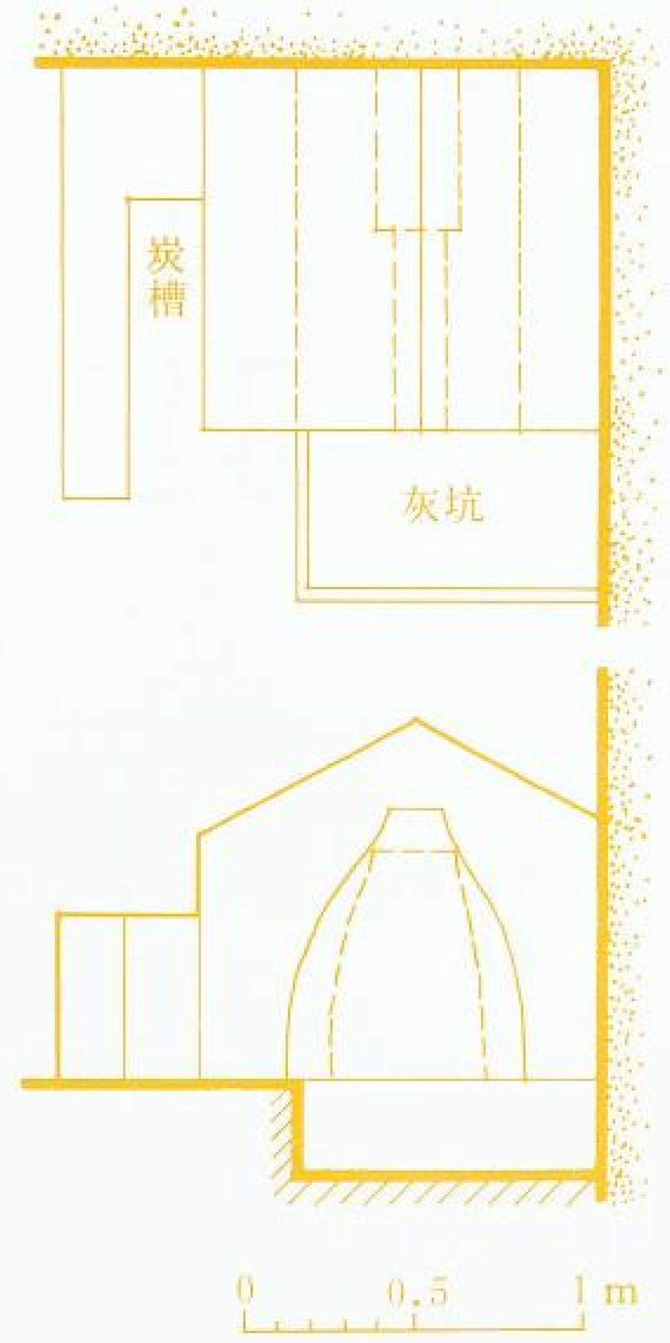


图10-4-2　秦都咸阳第一号宫殿建筑遗址8室炉灶平面、剖面示意

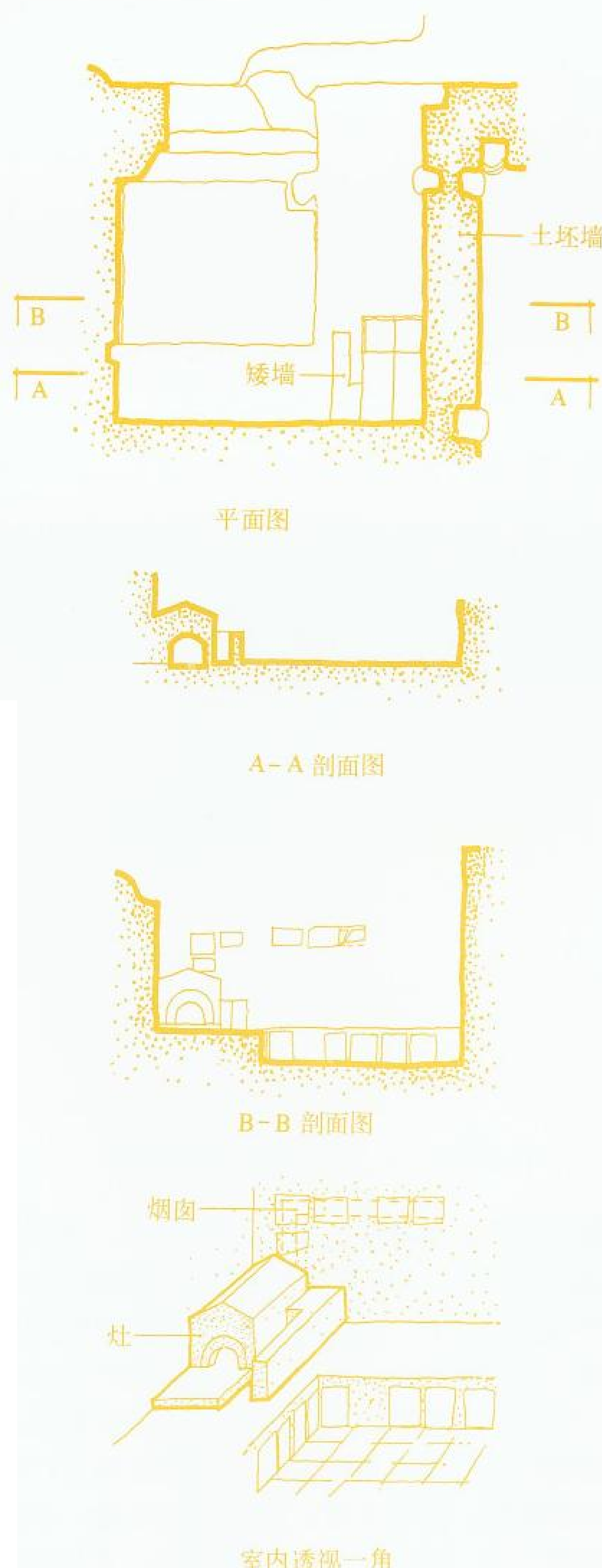


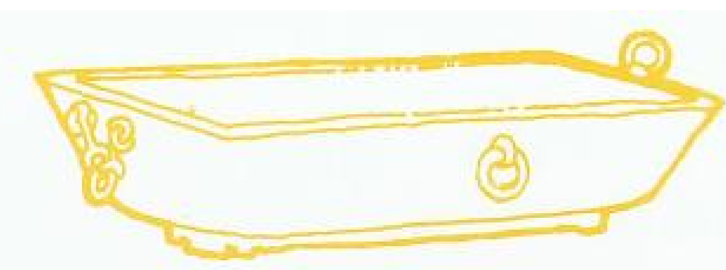
图10-4-3　西安西北郊阎家村汉代建筑中的采暖遗迹

都咸阳一号宫殿建筑遗址的第3、第5和第8室中都设有专门的采暖炉灶（图10-4-2）也都是在屋角深处。西安西北郊阎家村汉代建筑遗址中发现的炉灶也是设在屋角(图10-4-3)。这些都是“陬隅有灶”的实例。咸阳和西安阎家村所见的炉灶，构造基本相同，都是用土坯砌成一个房屋形的灶膛，灶前有灰坑，灶外侧有曲尺形平面的矮墙，很可能就是《墨子》一书中所说“灶屏”的一种。因其已退处屋角，所以有的已经没有专门的排烟道。这种排烟道古代文献中称之为“突”，即后来所说的烟囱。于是屋顶上那种专门的排烟口——囱，渐被淘汰，而另在墙上开“牖”，以为通风采光之用。

《汉书·霍光传》载:“封人为徐生上书曰：臣闻客有过主人者，见其灶直突，傍有积薪，客谓主人，更为曲突，远徙其薪，不者且有火患”。这个寓言故事，又见于桓谭《新论》，“曲突徙薪”成为一个著名的典故。阎家村所见的情况是烟道入于墙内，直上一段以后横折，再直上而达于户外，正是这种典型的“曲突”作法。辉县出土战国刻纹铜鉴上刻画的宴乐场面中有一厨灶，烟道也作曲折的表现，可见战国以来直到秦汉烟道常常作成“曲突”。吉林辑安高句丽建筑遗址曾发现有条形烟火道，贴地面，并沿外墙转折，可以看作是“曲突”的另一种做法。设于墙内折而上的“曲突”，已经接近后世的火墙，而贴地面随外墙转折的另一种“曲突”，又可以看作是火炕的前驱。

二　火盆、火炉

咸阳秦宫殿遗址发现十余个房间，使用功能有明确分工，其中只有三个次要房间设有炉灶(其中两间另设地漏，或以为是浴室)，起居宴乐的1号主要大房间，不见炉灶。这证明当时这样一类主要的、讲究的房间，冬季采暖是采用活动设备即火炉、火盆之类。这种火盆、火炉，可以看作是可以移动的火塘，至迟在春秋时代已经出现室内专用的铜炭炉，现在所知最早实物，是河南新郑出土的一具，形似长方盘而圆角，平底大口，四旁有环作耳，口内侧铭曰“王子婴次之庋卢”（图10-4-4）。湖南长沙徐家湾出土汉代铜炉，亦为长方形，口大底小，四壁倾斜，下有四足，端壁上附有铺首衔环（图10-4-5）。甘露二年（公元257年）铭款的铜炉，上为长方炉，有四足，底有条状空隙，为通风下灰之用，下为长方盘，据炉体上自铭，下部的盘叫做“承灰”，其功用自明（图10-4-6）。这类铜炉由平底发展到有足，是一大进步，再发展到炉底有条隙，炉下有“承灰”是又一大进步，至此已臻完善。后来的炉有多种多样的型式，材质有铜、铁及陶制的(图10-4-7)，造型有方有圆，但其基本构造，大体差不多。


图10-4-4　河南新郑出土“王子婴次之庋卢”

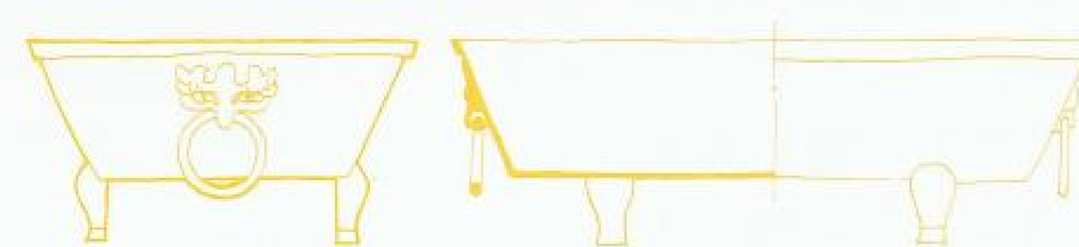

图10-4-5　长沙出土四足大方铜炉


图10-4-6　西安东郊出土甘露二年铜炉


图10-4-7　河南洛阳烧沟汉墓出土陶炉

三 炙 地

在我国采暖技术的发展史上，可能有过“炙地”的采暖方式。

“炙”的本意是烤，炙地就是烤地、温地。从热工学的角度来说，是把土地面作为一种介质，经烧烤后使热量贮存于其中，土的热惰性较大，可以保持较长的时间。在还没有火地、火炕以前，采用炙地办法把地面烤热，坐卧其上以为取暖，是一种很简便的做法。烧烤地面不仅可以采暖防寒，而且可以去湿祛潮，起理疗作用。

炙地一词见于唐代诗人孟郊的诗《寒地百姓吟》，诗开头的几句说：“无火炙地眠，半夜皆立号。冷箭向外来，棘针风骚劳。霜吹破四壁，苦痛不可逃”。

全诗描述寒地穷苦百姓冬天没有柴火，不能烤地睡眠，冻得站立号啕的凄寒景象。根据孟郊这首诗，我们可以考知，我国古代北方可能盛行过炙地这样一种采暖方式。它的起源甚早，办法也相当简单，但是由于残酷的阶级剥削和阶级压迫，直到中唐时候，这种简易可行的采暖方式，寒地穷苦百姓仍然求之不得。

从一些考古发掘材料来看，远在原始社会时期，一些居住建筑的居住面常常见到红烧土状的情况，仔细分辨，有的是经过反复烧烤的。过去一直都被认为是初建时的地面处理，目的是为了防潮驱湿。这种看法相沿已久，似成定论，但不一定完全确切。西安半坡 6 号房址有高起10—17厘米类似炕的居住面，为多层坚硬平滑的红烧土重叠构成，最多可达 9 层。24 号房址居住面敷草泥，最多处有 5 层，都是经过烧烤的硬面。临潼姜寨的大房子（图10－4－8），西北角、西南角有对称的两个高出地面 9 厘米的平台，经火烧烤呈青灰色硬面，下因火候逐次减低而呈红褐黄等色，也表明烧烤不止一次。类似半坡和姜寨这样的情况，各地发现的很多，似乎都是经过多次反复烧烤和反复修整所致，都应该是炙地所造成的结果。姜寨大房子里是并联的火塘，在两个平台当中，很可能次火塘是贮存温火，专备炙地所用，两个土台是炙地区域，以供坐卧。

“炙地”一词迄今所知虽仅孟郊诗一见，但先秦文献中也透露出一些有关的记述。《左传》昭公十年：“冬十二月，宋平公卒。初，元公恶寺人柳，欲杀之，及丧，柳炽炭于位，将至，则去之。比葬，又有宠”。

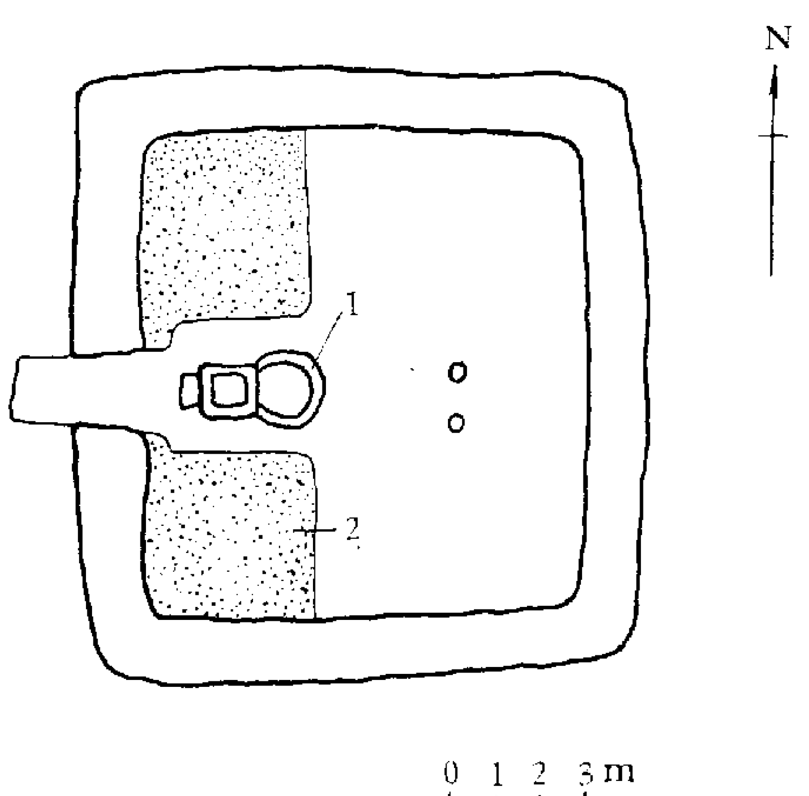


图10-4-8 陕西临潼姜寨大房子平面
1.火塘；2.炙地地块

寺人是古代宫中供使令的小臣，宋平公死在寒冬十二月，元公在苫守丧，依礼应该“寝苫枕草”，而不能象平常那样“衣狐裘、坐熊席”，寺人柳善于逢迎，先用炭火把元公坐处地面烤热，元公将至再将炭火去掉，元公得到温暖而高兴，柳因又得宠。这“炽炭于位，将至，则去之”数语，表明了炙地这种采暖方式的具体作法。

炙地这一采暖方式，近代仍然偶有采用。我国北方半游牧的蒙古族地区，每当远出放牧或从事农耕，在临时搭起的马架子窝棚中居住时，常常采用炙地的办法取暖防寒。内蒙古一带把这种烧烤热了可睡人的地面或土榻，叫做“霸王炕”。

四 火 地

“火地”一词于文献无征，是东北民间的习惯称法，以区别于“火炕”。《红楼梦》中称“火地”为“地炕”，是北京的称法。

火地与炙地一样，都是用火把地烤烧发热。炙地是用火在地面上烤，火地则是在地面下烧。因而地面下要设有烟火道，相应的还要有烧火口和排烟口或烟囱，设备配套，构造复杂。

《水经注·鲍丘水》云：“（观鸡寺）寺内起大堂，甚高广，可容千僧。下悉结石为之，上加涂塈，基内疏通，枝经脉散，基侧室外，四出爨火，炎势内流，一堂尽温。盖以此土寒严，霜气肃猛。出家沙门，率皆贫簿，施主虑阙道业，故崇斯构，是以志道者多栖托焉。”

这段记载是迄今所知关于火地采暖的较早史料。据《遵化通志》卷四十七著录的《辽景州陈公山观鸡寺碑铭》（观鸡寺大约在今河北省遵化之南，丰润之北），可知至迟在北魏时，我国北方较大的公共建筑中已有采暖火地的设置。《水经注》中说：“施主虑阙道业，故崇斯构”，可见当地官僚地主们自己家里大半也是有这一类采暖设施的。《水经注》这一条材料，举出了一个采用火地采暖的建筑实例，可以大体考出它的时间、地点，更重要的是还详细地描述了火地的构造做法和热工原理。北魏观鸡寺的火地做法和清代沈阳故宫、北京故宫一些火地的做法基本一样。

火地采暖这一办法，整个地面被加热，散热面积大，因而“一堂尽温”，并且热量均匀温和。又因为是在室外台基上专设烧火口，并另设出烟口，烟和灰都不致污染室内。当起居习惯还是席地而坐的时候，地面烤热，坐卧其上比较舒服。与炙地相比，优点被继承，缺点被克服，火地是炙地的科学发展。

我国的火地，就是世界上最早的地面辐射采暖，是我国古代工匠的一项重要创造。遗憾的是至今国内考古发掘尚未发现过较早的火地实物遗存。不仅北魏及其以前的实例未见，就是清以前的实例也是个空白。汉代我国已有了火地采暖是完全有可能的。火地采暖在清代比较盛行，清代宫廷沈阳故宫、北京故宫采用火地的房间很多，一些标准较高的王公府第和官僚住宅中也常有设置。这反映出乾隆年间北京上层统治阶级的宅第中，火地是相当盛行的。直到现在，我国内蒙古一带半定居的蒙古包中还常有全套火地设备，地面下有盘旋的烟火道，外面地下有烧火口，地上有烟囱（图10－4－9），是起源很早的我国北方通用的一种采暖方法。

因为较早的实物都已不存，所以要具体了解火地的详细构造，除了蒙古包和朝鲜族住宅（见少数民族一章）之外，只能以沈阳北京两故宫为例。大致情况是：烧火口一般在台阶上，有设在前檐下者，有分设在前后檐下或两山之处者，也有设在建筑物四周者，视建筑物大小而定（《水经注》记的是一处大堂，“可容千僧”，所以“四出爨火”，烧火口设在四周）。

烧火口的作法，北京故宫所见分为二式，Ⅰ式在台明上开口，Ⅱ式在台帮上开口。在台明上开口的又分两种，一种口大而方，设木盖，可以下人，一种口小而扁，设方砖盖，似不能下人。以前一种为常见。今以颐和园乐寿堂东廊下的一处为例，略作说明。这个烧火口是一个较深较大的工作坑。长 1.91、宽 1.02、深 1.85 米，内设木梯可上下，坑内北壁设两小龛，可置灯。灶膛口在坎墙下的位置，设小铁口，膛内平底。这是因为宫廷一律烧木炭。

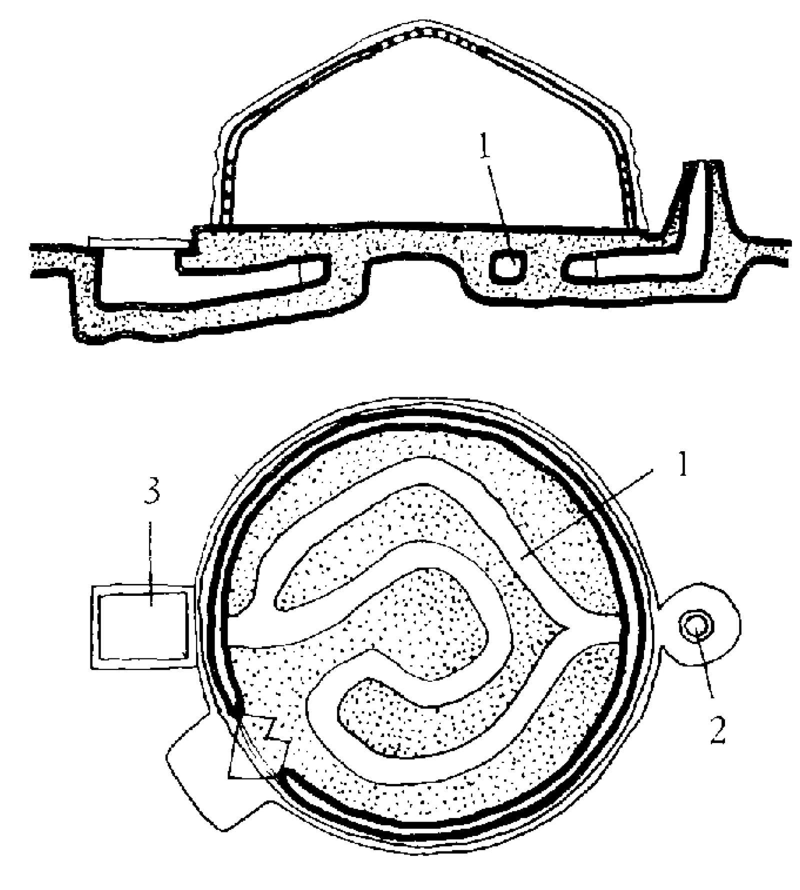


图10-4-9 有火地采暖的半固定蒙古包
1.烟火道；2.烟囱；3.烧火口

灶膛内部构造，从工作坑内亦无法看清。灶膛及烟火道构造，可以静怡轩遗址（俗称火场）东侧的一间小屋为例略作说明，那里由于工程施工而被挖开，可以看到一些下部结构。灶膛是砖砌的一个马蹄形的坑。膛顶按一定坡度平行横置方铁条三根，两长一短，以为横梁，梁上盖方铁板四块，灶膛远端接连烟火道。

地面以下烟火道的详细构造是在三合土基底上平铺大方砖一行，上设砖码子，以承地面大方砖，砖码子用大砖砍成圆墩。每个码子承担四块地面方砖的各一角（图10－4－10）。这种地面下整个是个空膛，仅仅用一个个独立码子承托地面砖的烟火道做法，民间称为花洞，好烧而且热量比较均匀，是成熟的做法。砖码子也有用方墩的，而圆墩更有利于烟火气流的畅通。烟火道还有其他做法，如蒙古包下常见的是盘旋的火道，《水经注》所说的“基内疏通，枝经脉散”，可能又是一种做法。即有主干与分支，类似清代所谓“蜈蚣腿”的布置方式。因为宫廷王府等都是烧炭，所

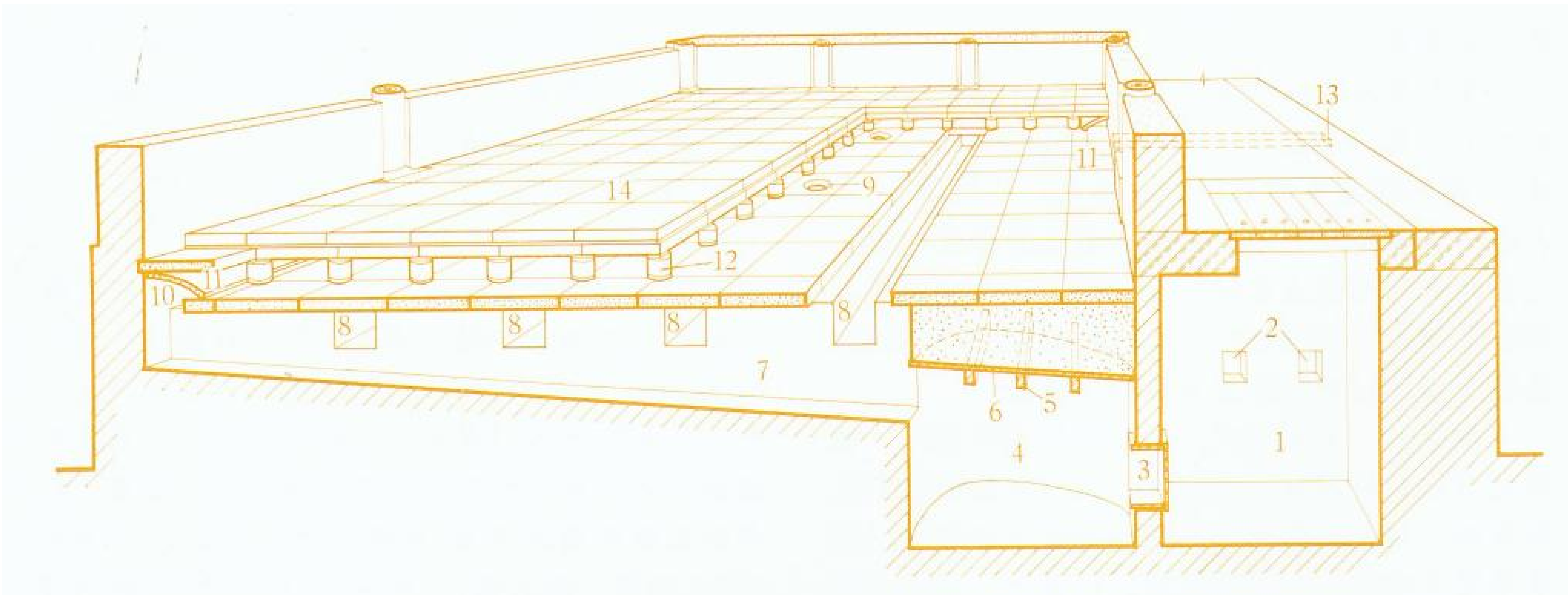


图10-4-10　北京故宫火地局部构造剖视图

1.烧火口；2.灯槽；3.灶膛口；4.灶膛；5.方铁梁；6.铁板；7.主火道；8.次火道（蜈蚣道）；9.火口；10.烟火道；11.琉璃板瓦；12.砖码子；13.出烟口；14.室内砖地面

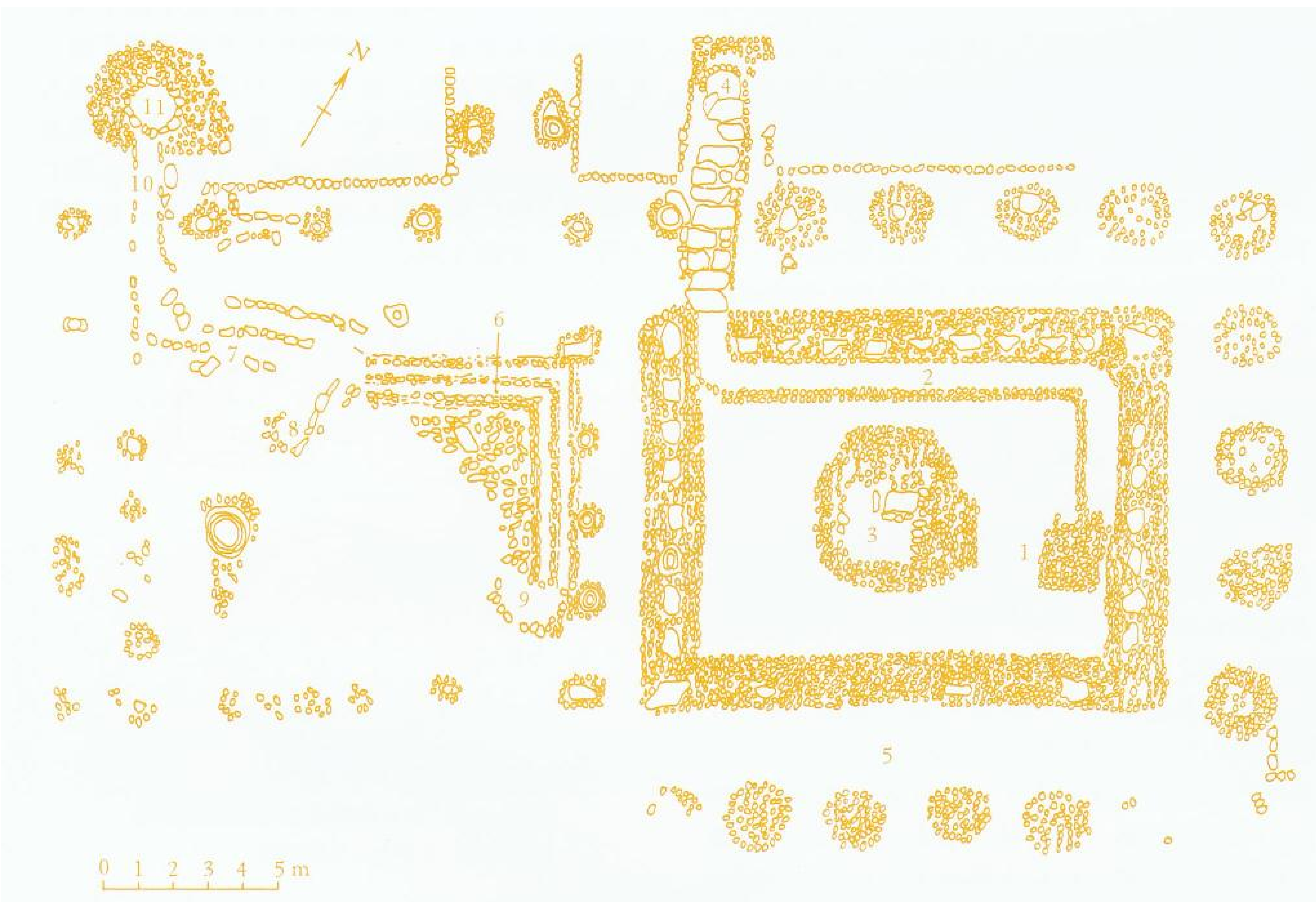


图10-4-11　吉林辑安高勾丽建筑遗址平面图

1.灶址；2.烟道；3.方形石座；4.烟筒；5.廊道；6、7.火炕；8、9.灶址；10.烟道；11.烟筒

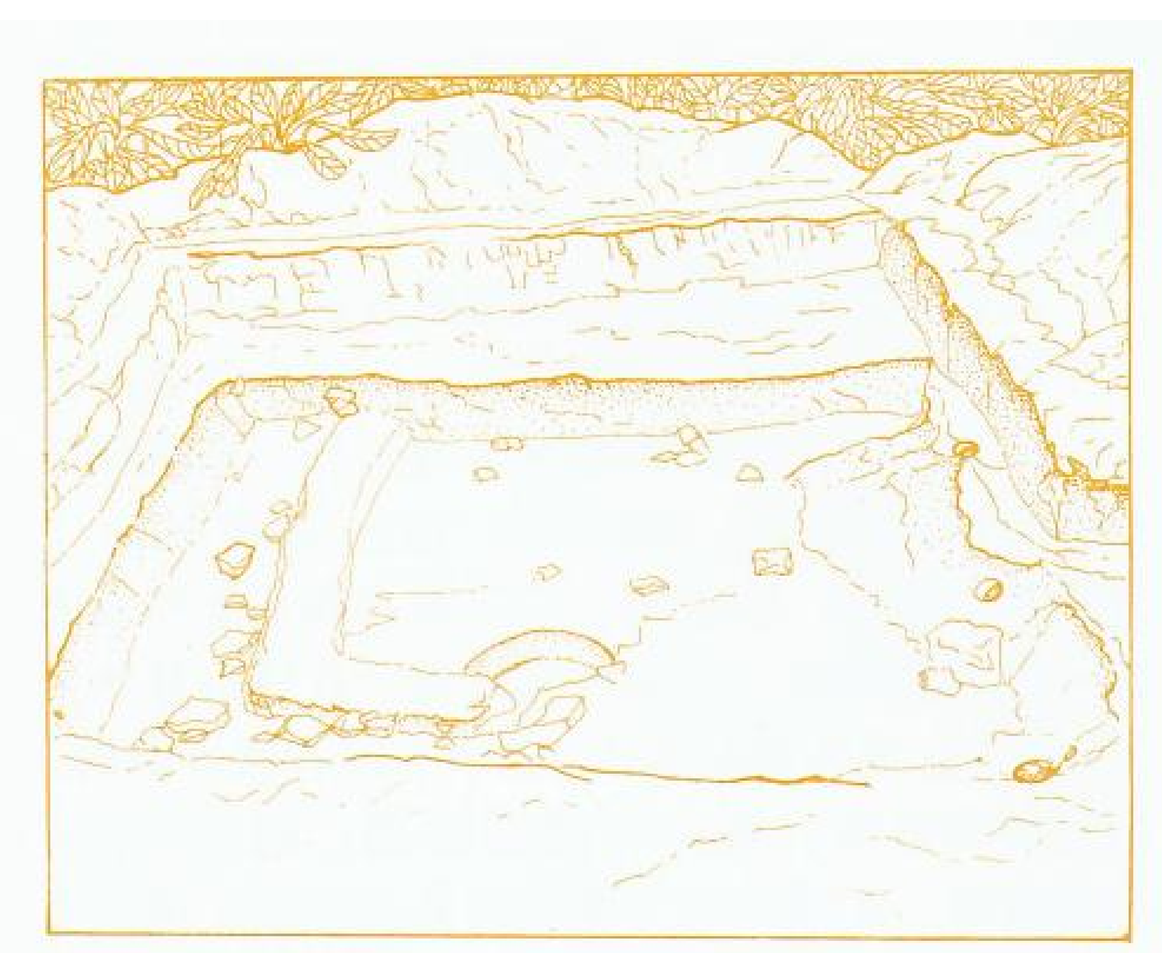


图10-4-12　黑龙江东宁县发掘的渤海时期F 14房址火坑

以不需另设高烟囱，少量余烟的排出和气流交换，一般只在烧火口两侧设有断面不大的孔道通于户外，出口设在台帮上，还常常用石作的盖子盖口，仅在盖子当中做镂空花饰以通烟气。这是因为木炭的余烟不多，并且古代烧炭又有一种传统经验，用前先烧令熟，谓之“炼炭”，炼过的炭几乎无余烟。因为烧火口与排烟口常在一侧，所以烟火道内气流流通路线需加以组织。静怡轩东侧所见的做法，是沿东、西、南墙边用琉璃板瓦斜扣搭成烟道，通向排烟口。蒙古包内的火地常烧牛马粪。

五　火　炕

火炕的原理与火地基本相同，主要区别是火炕从地面上高起，形如床榻，火地则是不高起的平地。

辽、金时代有关于炕的记载。《辽史拾遗》卷十八引无名氏《北风扬沙录》：“女真国环室为土床。炽火其下，而寝食起居其上”。《三朝北盟会编》卷三记女真风俗：“环室为土床，积火其下，寝食起居具上，谓之炕，以取其暖”。

从考古发掘的遗存来看，前面说过的那种在地面上沿外墙设置的烟火道，是一种“曲突”的做法，是火炕的前身。吉林辑安高勾丽建筑遗址（图10-4-11）和黑龙江渤海时期F 14房址火炕（图10-4-12），就已经看出早期火炕的形制。两处遗址情况基本类似，都是室内沿东山墙及北檐墙设曲尺形烟火道直通室外，烟火道转折以后沿北墙改为双洞，洞较宽大，上面架平可供日常起居坐卧之用。

辽宁宁城辽中京遗址发掘所见的一处火炕，敖汉发现的几起辽代火炕，也都作曲尺形，转折以后分三条火道，都已经成为有三条炕洞的直洞炕了。

金代火炕形成一种特殊的平面布局，即“环室”三面，呈凹字形。这种布置方式后来为女真后裔满族所继承。吉林一带满族住宅中多见，黑龙江一带赫哲人（图10-4-13）住宅中也盛行。这可能与原始部落的家族聚会与祭祀有关，沈阳故宫清宁宫、北京故宫坤宁宫都是炕头连着锅台（图10-4-14、10-4-15）。至于开口朝东，西山墙万字炕最尊，则又可能与契丹及女真以东向为贵的风俗有关。北方有句谚语叫“炕热屋子暖”，这样环室三面的炕散热面积超过室内面积的一半以上。热工效果是很好的。万字炕的设置，可以使南北两铺炕共用一个烟囱。总之这种凹字形的火炕是包含着多种意图综合考虑的一种创造。

火炕采暖到明清时代，北方已普遍盛行，汉族地区炕的布置多靠近前槛墙，设于南窗下。火炕成为北方城镇和广大农村一种固定的采暖方式以后，必然引起室内装修和家俱造型等一系列变化，产生了花门子（连二炕中间分隔的隔扇）、炕屏风、炕桌、炕柜之类的新型式。

北方广大农村和城镇的火炕，多半是炊事采暖一把火。农村多以农作物秧棵和柴草作燃料，所以炕洞要高大，并且必须有烟囱，烟囱多随墙。西北地区有从墙半腰出的，东北地区多高出屋顶，草房则须在墙外另设独立的烟囱，以便防火。独立的烟囱多就地取材，用土垡或土坯砌，也有用木骨夹泥的，用砖的近代才开始多起来。农村砌炕多用土坯，土坯炕热度均匀温和，热量保持的时间也较长。几年之后便拆除重砌，以利燃烧。农村砌炕多是农民自己动手，常有许多令人赞叹的创造。例如为防“呛风”，在烟囱根下常设一个回旋冷风的坑，叫“烟脖”（图10-4-16），可以使烟囱中的冷气流不致渗入炕洞内。为防止抽力过大，炕凉的快，还常在烟囱梢靠近屋顶处设插板，夜间停火以后可将烟囱口插死，使炕洞内的热气流得以长期地保持等等。

城市火炕，讲究的烧木炭，靠近产煤区的，常烧煤。宋代朱弁《炕寝》诗曰：“西山石为薪”，就是火炕烧煤较早的例证，朱诗作于大同。北京至

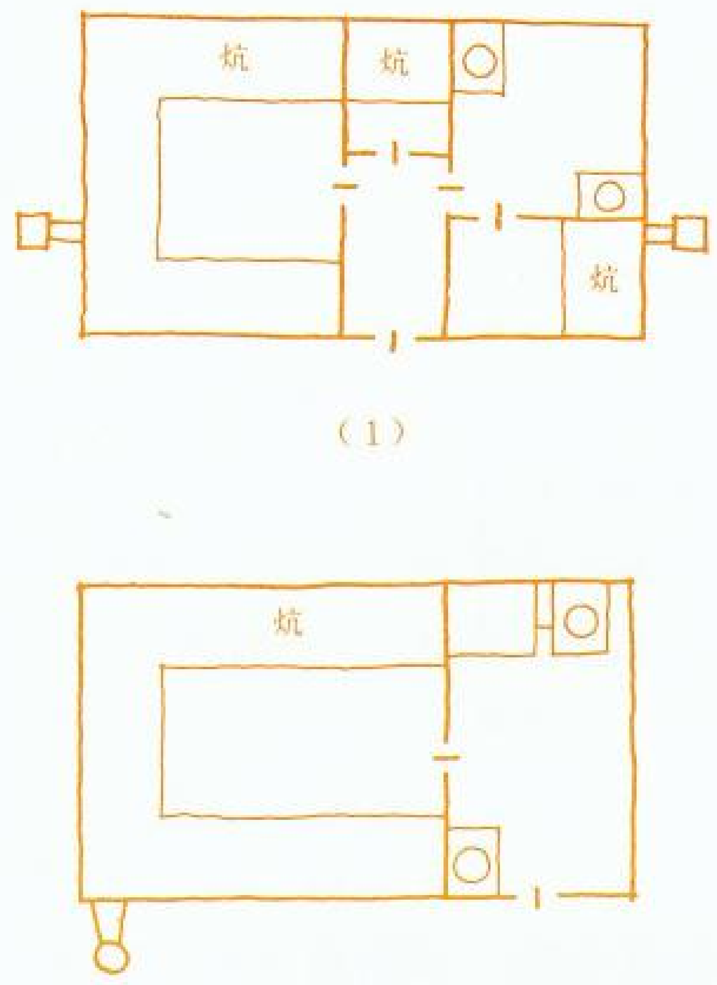


图10-4-13 （1）吉林满族住宅火炕布置；
（2）黑龙江赫哲族住宅火炕布置

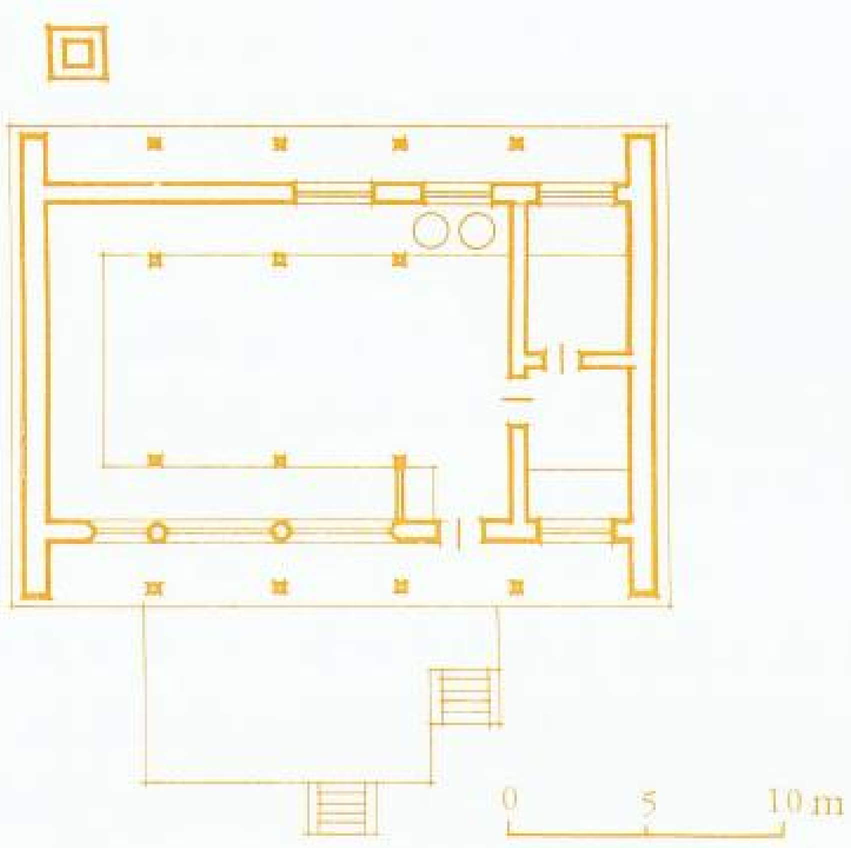


图10-4-14 沈阳故宫清宁宫平面图

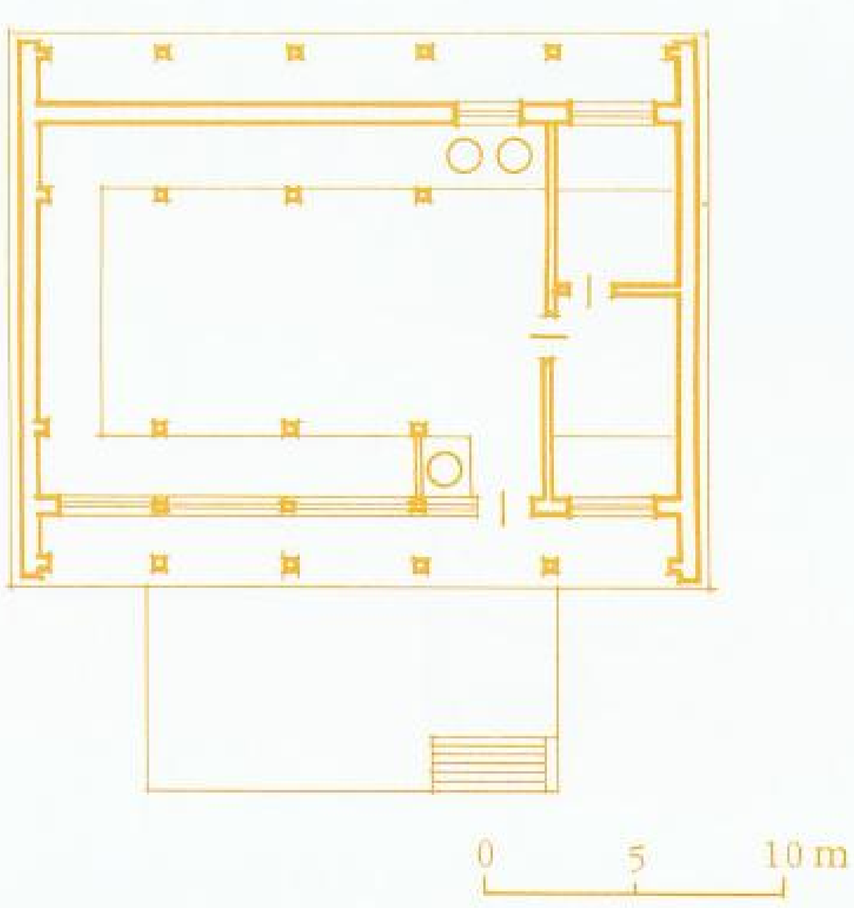


图10-4-15 北京故宫坤宁宫平面图

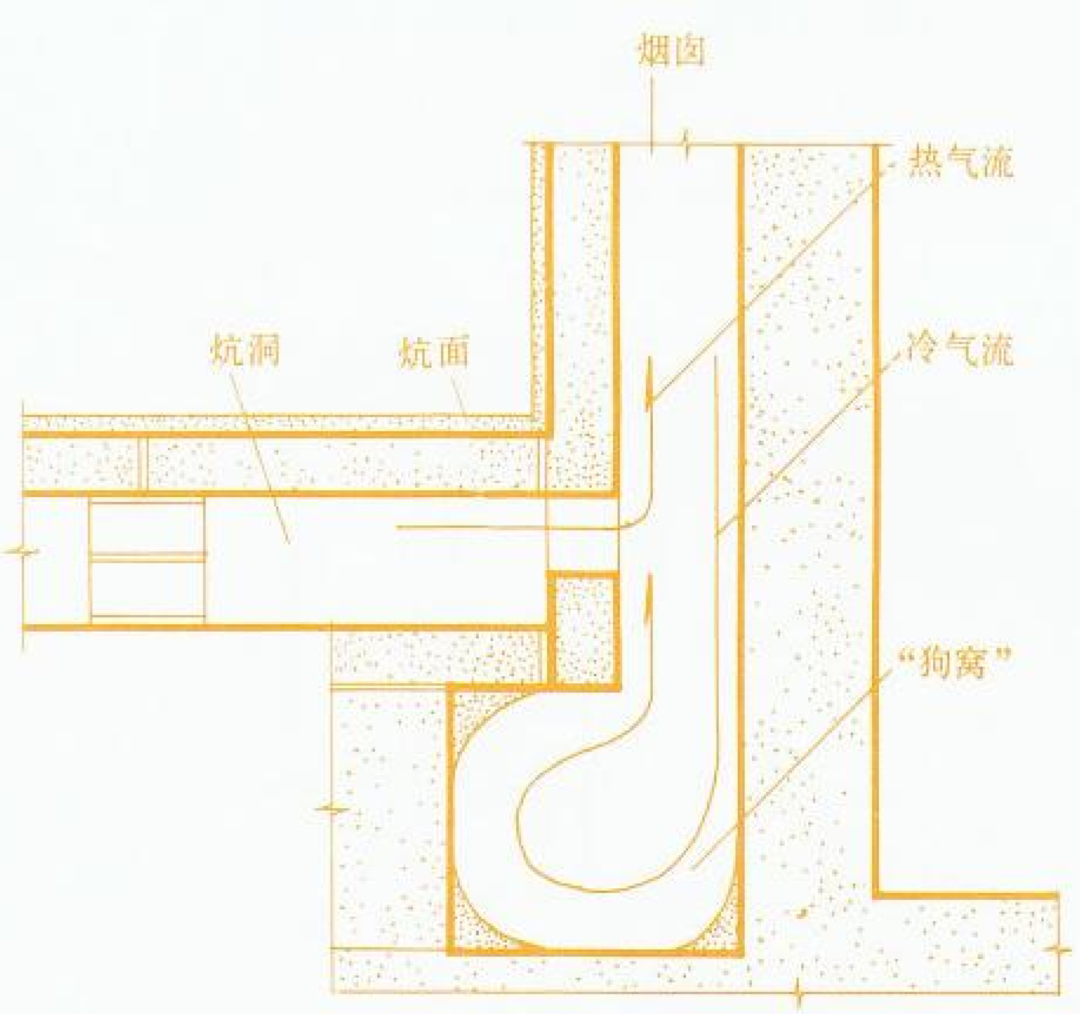


图10-4-16 火炕烟囱根的“狗窝”（烟脖）构造示意图

迟从元大都开始，直到清代，火炕也多有烧煤的。用一种特制的小车，先在外面烧着后，待烟气不大时，将小车推入炕门子，方法和烧炭差不多。所以北京旧房虽多烧火炕，大半并无烟囱。城市火炕烧柴的也不少，因而烟囱林立。《沈阳百咏》曰：“时样烟囱屋上安，炊烟直散入云端，层层望向春风里，误作连山塔势看”。空气污染可以想见。烧炭和无烟煤的可不设烟囱，对环境卫生有利，但容易一氧化碳中毒。清阮葵生《茶余客话》卷九《煤晕》条记有乾隆年间著名文士陈定先中毒后急救乃得生和冯廷櫆中毒致死的情景。城市火炕多由专业工人砌筑，清代流传的《瓦作做法》之类的术书都有搞炕的做法。由于城市建筑密度大，高房、高墙互有影响，引起小气候变化，炕、灶和烟囱处理不好，最容易“犯风”，不好烧，城市又多用砖砌炕。老炕多年不改，容易出毛病引起中毒。大约在清代乾隆年间，火炕采暖技术已经最后成熟。火炕采暖在北方广大地区得到普遍推广。

在甘肃东部庆阳、天水等地区，现在还有一种特殊型式的火炕，当地叫做火床。有两种基本做法，一种从地面上砌起拦火的坎墙，设小门，在里面烧火，上铺木床板；另一种是用一些木料加上砖和土坯，或者全用木料高架起一个密封的空间，纵断面呈倒梯形，里面生火，上铺木床板（图10-4-17）。因为上面是木床板，所以只能用木炭或烟煤，并且炭也要炼过，煤也要先烧好，还要用炭灰煤灰培盖起来，当地叫煨火、煨炭。为了保证上边木床板的防火安全，有的在埋炭或煤的地方用土坯搭起一个简单的灶，有的在床板下悬挂一块铁片，铁片上平铺土坯以隔热。为有效地组织热流，有利于热流反射折射。这种火床，可以看作是一种特殊型式的火炕，也可以看作是火塘或炉灶与床的组合。这种作法很可能也是一种古老做法的传留，如唐薛能《嘲赵璘》诗里说到火炉床，宋陆游《老学庵笔记》中说“火炉床家家有之”。

六 建筑防寒措施

建筑物防寒保温方面的技术措施，一般是提高建筑物围护结构的保温性能，以及采取特殊的构造做法和其它措施。

早期建筑多是木骨泥墙、土墙或土坯墙，又多是草顶，保温性能较好。瓦顶作法，南北方有所不同。由于防寒的要求，北方没有冷摊瓦的作法，灰背一般较厚，有些土顶房屋土层亦都较厚。吊灰棚、扎纸棚亦起防寒作用，所以北方较多，南方则多不设。从整个围护结构来看，防寒保温最不利的部位是门窗，所以常常另设帘。也有门窗都设两层的做法，外层称风门、风窗。风窗又称护窗或吊塔，夜间关上，白天支起或摘下。还有在门内外增设门斗的做法。《诗经》有“塞向瑾户”的说法，冬天把北门北窗封孔的做法，至今可见。此外，更有在体量较大的建筑物中，另分隔出小的建筑空间。单独考虑采暖防寒措施，称之为暖阁。这种做法，清时较常见。

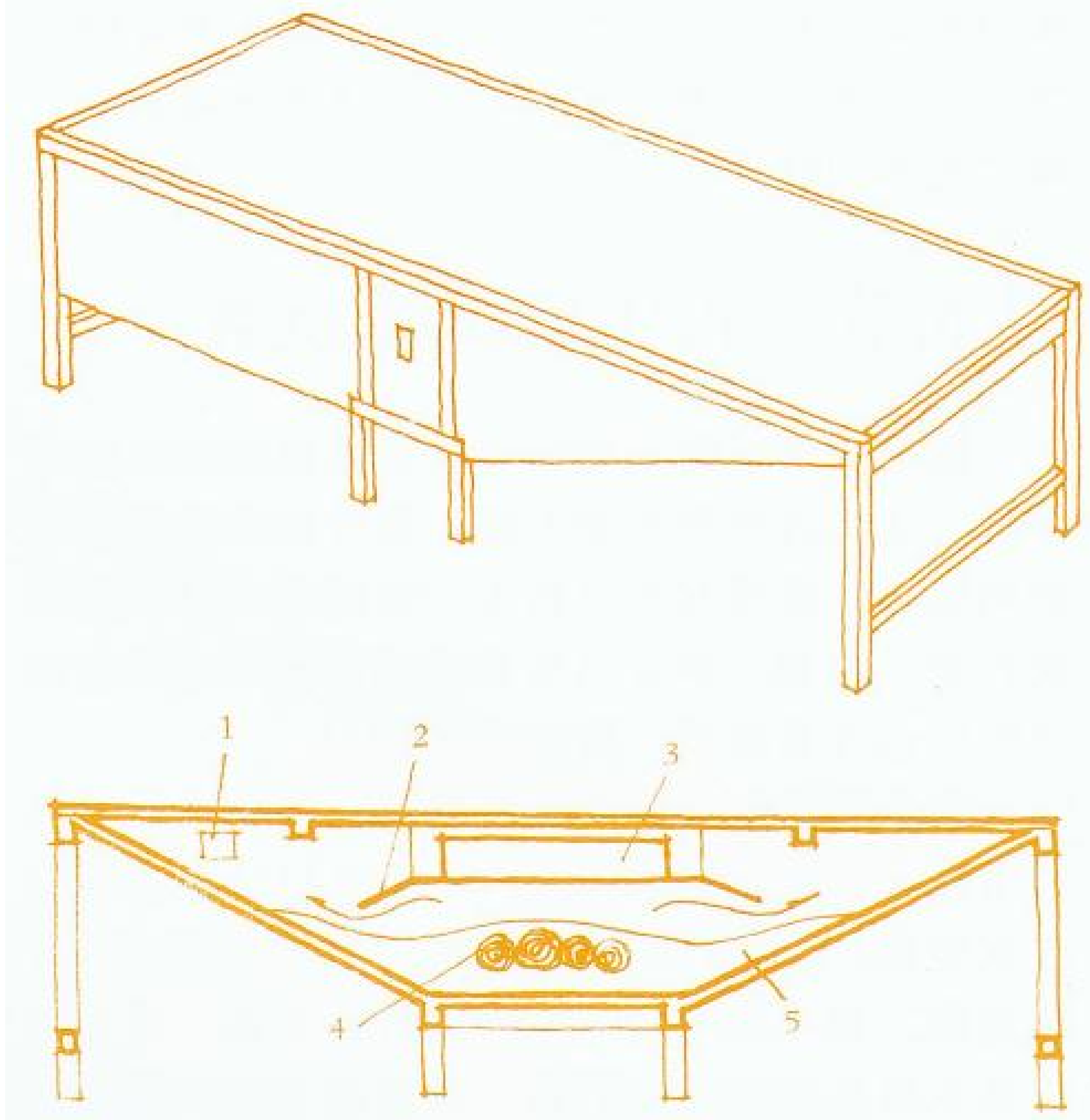


图10-4-17 （1）甘肃东部火床构造示意之一

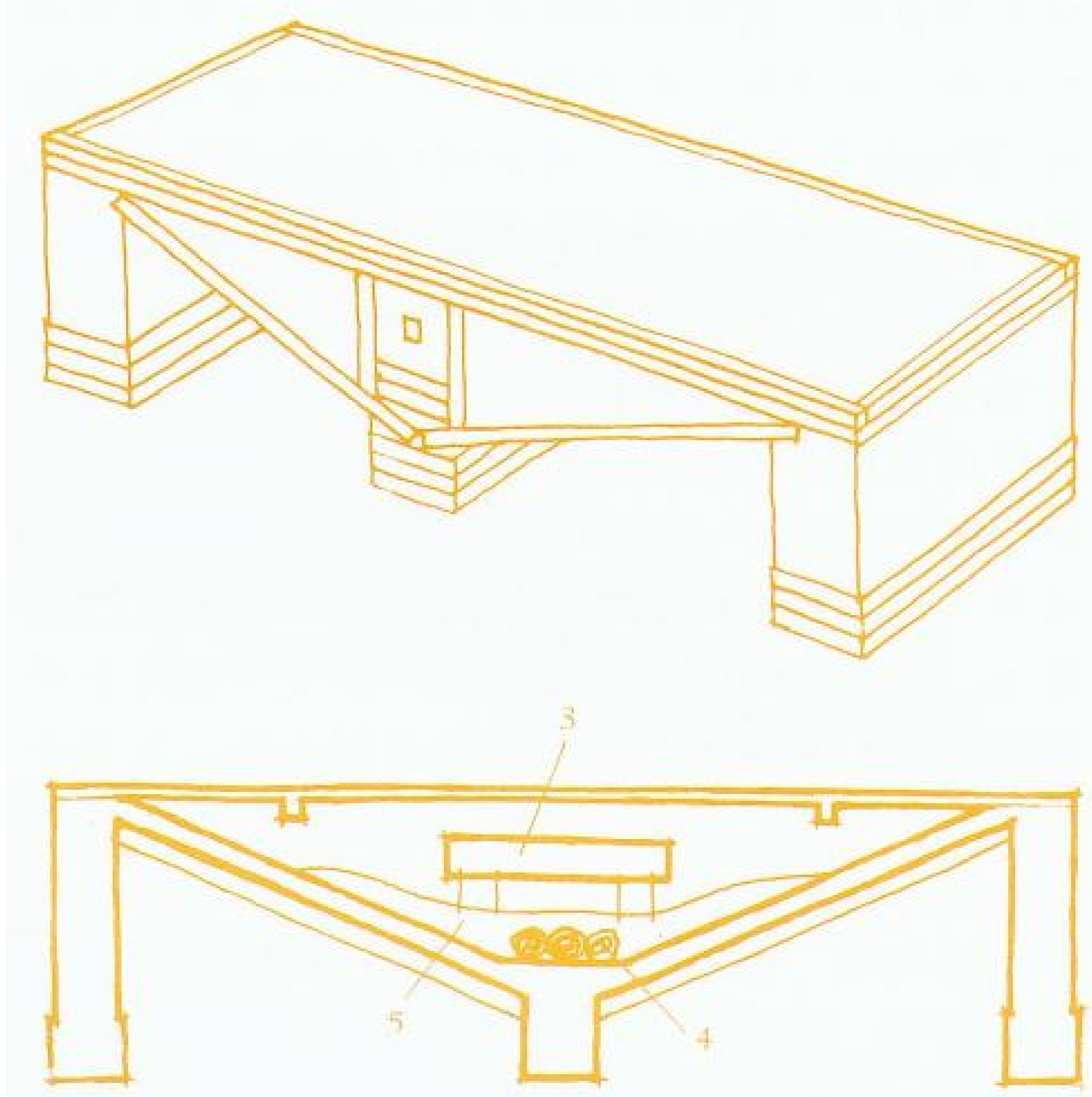


图10-4-17 （2）甘肃东部火床构造示意之二
1.排烟口；2.火镜子；3.土坯；4.炭；5.炭灰

还有一些防寒保温措施。特殊的一例就是壁衣。古代的壁衣最初多用纺织品制成。后来或用针织成品，张复于墙体内表面。起装饰作用，也可起防寒作用。唐岑参《玉门关盖将军歌》：“暖屋绣帘红地炉，织成壁衣花氍毹”。诗中的壁衣即现在所说的壁毯。壁衣与绣帘红地炉并列，足见是一种防寒措施。壁衣的起源甚早，据《墨子》所记商代已采用锦绣织物复壁。咸阳秦宫第一号宫殿遗址中的主要大房间，原供起居宴乐之用，门道中发现有壁画，室内墙面则一律素白，房间内又出土有环钉，应是张挂壁衣用的。汉贾谊《治安策》云：“白縠（绉纱）之表薄纨之里，捷（缝衣）以偏诸美者黼绣，是古天子之服，今富人大贾嘉会召客者以被墙”。用壁衣被墙，秦、汉是较常见的。壁毯现在新疆地区仍有采用，和壁衣类似的还有地衣（即地毯），很早就有。白居易《红绒毯》诗云：“地不知寒人要暖，少夺人衣作地衣”；《新唐书·曹确传》：“刻画鱼龙地衣，度用缯五千”。可见在唐代仍很盛行。从防寒、保温方面来说，地面热损失很大，铺地毯对保温还是有好处的。北朝及隋唐建筑遗址常常发现一些花纹砖，

棱角具在，表面不见磨损，可见地面上都是铺设地衣的。壁衣、地衣是我国古代建筑保温技术与装饰艺术的结合。

第五节 古代建筑的抗震

建筑物的抗震主要是增强建筑物的整体空间刚度。古代匠师和劳动人民在设计和建造建筑物的时候，一般情况下当然不一定都能有意识地考虑抗震、防震，但在其所采用的传统的建筑技法当中，包含着抗震、防震的作用。

我国现存的许多著名古建筑，大都经受过地震考验。著名的赵州桥，一千多年以来，经历过多次地震，至今仍被继续使用。1966年邢台7.2级地震，震中距不到40公里，桥亦未损。著名的应县木塔是现存尺度最高、体量最大的木构架多层楼阁建筑，文献记载由金、元到明朝，经历"大震凡七，而塔历屡震屹然壁立"。著名的蓟县独乐寺观音阁，也经历过多次强烈地震，其中康熙十八年三河平谷一次8级地震，当时记载蓟县城内"官廨民舍无一存"，观音阁"独不圮"。1976年唐山7.8级地震，独乐寺前辽代白塔震坏，寺内一些明、清小型建筑震害比较严重，观音阁仍无变化。著名的义县奉国寺大殿，为我国现存最大的单层佛殿建筑。据寺内元、明、清碑刻记录，曾"经庚寅地震"（指1920年武平$6\frac{3}{4}$级地震）"无所坏"。1975年海城地震，义县正处于主震断面线上，奉国寺山门、无量殿等清代小型建筑多受损害，大殿基本无恙。著名的辽阳白塔，为实心十三层密檐砖塔，高71米，约建于辽兴宗道宗年间（1031—1100年），也经历过多次地震，1975年海城地震，辽阳烈度属于7度，塔附近的建筑多有损坏，塔则只顶尖震掉些砖瓦。这些例子都是著名的建筑物，又都是尺度较高，体量较大的建筑物，所以重心较高，自重较大，因而地震时产生的地震力都是很大的。就是这样一些建筑物，其抗震能力反而较高，这雄辨地证明了我国古代建筑在防震抗震技术方面是有着高度的成就和重大的贡献的。不仅这些著名的重要建筑，就是一般的古代建筑和普通的传统民居建筑，也都有较高的抗震能力，如天津宁河天尊阁、云南通海聚奎阁等都是高17—18米的三层楼阁，经受当地9度烈度的考验，损害极轻微，桁架完好无损，一些穿斗架二层民居也常常能在9度区保存下来。现在各国研究抗震建筑，追求的最高目标是按9度设防，我国古代传统木构架建筑，一般都可以基本上达到这个目标，这不能不说是我国古代应用科学方面的一项惊人成就。

也要看到，我国古代建筑抗震方面虽有不少成就和宝贵经验，但是未能上升到理论，有些经验未能得到总结和推广，有的早已失传，因而有些建筑物在抗震性能方面存在不足之处，最显著的是一些砖塔。文献记载各地历次地震倒的砖塔极多，有些砖塔也多半都有震害伤痕，有的倒掉半截，有的各檐震塌，"层级莫辨"，有的劈裂，震裂后有倒掉四分之一，甚至相继倒掉四分之三，仅剩四分之一者。

关于古代建筑抗震技术的研究，近些年来才刚刚开始，有待继续努力，现在只能作些粗浅的分析。

一 我国古代建筑在平面布置、立面造型、结构和构造等方面的特点有利于防震、抗震

国内外对抗震建筑研究是框架式结构较为有利。我国古代传统木构架建筑，是世界建筑史上最古老的框架结构，这种木构架建筑的结构特点是构架承重，墙体仅仅是一种围护结构。我国有句通行的谚语，叫做"墙倒屋不塌"。在发生强烈地震的时候，这种墙倒屋不塌比起墙体承重结构受震后墙倒屋塌，无疑是可以减少损失。地震区的震害调查常常可以见到这样的景象。一些近代墙体承重的砖木结构建筑，倒塌较为严重，而同一地点的古老的木构架民居和寺庙建筑却完好无损，或者至多是墙体倒塌而构架尚完好。

我国传统木构架结构，所用木材本身具有一定的弹性。传统木构架结构各节点均采用榫卯，结合严实，但又不是死固，遇到强大震动，所有构件的榫卯均可以有活动余地而使整个结构体系处于弹性状态。

国内外对抗震建筑的研究，都强调选用比较规则的建筑和结构布局，使一栋建筑物在体量、刚度和强度各方面均匀协调。因此，最理想的建筑物是形体简单、中心对称，使质量中心与刚度中心重合，以免产生扭矩。我国古代建筑的平面均为单一形体，最常见的有矩形，少数为方形、八角形和圆形，平面简单。使用功能要求复杂的建筑，亦采用若干单一形体的单元进行组合，单体平面复杂者极为少见。

当地震发生时，如果立面轮廓变化较大，突出部分的破坏常较显著，当突出部分的体量较下部体量相差过大时，破坏更加严重。我国古代建筑的体量造型比较简单，很少有局部突出的部位，这方面也是有利的。

一栋建筑物在地震力的作用下，难免存在扭转作用。产生扭转的时候，离中心愈远，产生的附加地震力就愈大，所以应尽量避免将大房间设置在建筑尽端。我国古代木构架建筑柱网布置的原则是明间开间最大，次间次之，梢间最小，进深方向也是如此，如进深三间，则中间一间最大，这种柱网分配对抗震较为有利。设有周围廊者则更为有利。而"金箱斗底槽"那样的布局，加强了周边结构，对抗震最为有利。

我国古代建筑一般在地面上筑成台基，建筑物架立于台基之上。台基是我国古代建筑的一大特点，有悠久的传统。近代建筑的基础以整体浮筏式基础为抗震，我国古代建筑中的台基可视作一种整体浮筏式的基础。近代建筑基础出地面处易受剪切破坏。高台基的做法，则可以避免这个弱点。当地基土壤为砂土层时，地震常常导致砂基液化，这时高台基的作用尤其明显。此外高台基的做法，还可以对地震时的喷水冒砂起一定抑制作用。

地震力对建筑物的破坏作用主要是左右摇撼，即水平力的反复作用。蓟县独乐寺观音阁在暗层中设有斜戗柱，应县木塔也在暗层中加戗柱斜撑起抗风作用，也起抗震作用。观音阁和木塔经受大大小小若干次地震而结构无损和这类戗柱斜撑关系极大。《营造法式》规定柱身有侧脚制度，侧脚打破了立柱之间的平行，使各柱间形成的体形成为截锥体，这种体形较为稳定，因而对抗震也是有利的。《营造法式》所定侧脚斜度不大，辽、宋实物有远远超出规定者如应县木塔一层内槽柱身侧脚达3％强，四层平座内槽柱身侧脚达4％，三层平座内槽柱身侧脚接近8％，从抗震角度考虑，倾斜度大些是有利的。

《营造法式》有地栿制度，地栿的做法渊源很早。广西合浦西汉墓出土的铜屋柱下设镯脚，镯脚即是地栿做法之一种（图10-5-1）。五代卫贤《高士图》中的建筑所表示的地栿做法，至今南方山区民居中仍然常见（图10-5-2）。地栿这样一种在柱脚间设置的贴地木材，把各柱柱脚拢成一个整体，对于防止柱脚走动，保证建筑物的整体性起重要作用。云南通海地震峨山大海洽地区一些古庙受震后因木柱错动，柱脚与柱础离位，正是不设地栿的缘故。四川岷江沿岸为历史上多震地区，当地民居多设有地栿，峨眉一带山区民居多不用土墙而采用编笆泥墙，柱脚间多设有地栿。一些穿斗架民居各帖柱顶之间，常加一道穿枋，甘肃东部东南部地区称之为天栿，和地栿一样，也起着保证结构整体性的作用。义县奉国寺土墙下设一段低矮砖墙，土墙砖墙之间设一道与墙体通厚通长的木枋，是为"隔减"。甘肃东部一些民居，明间设通长门槛，而在次间窗下设通长

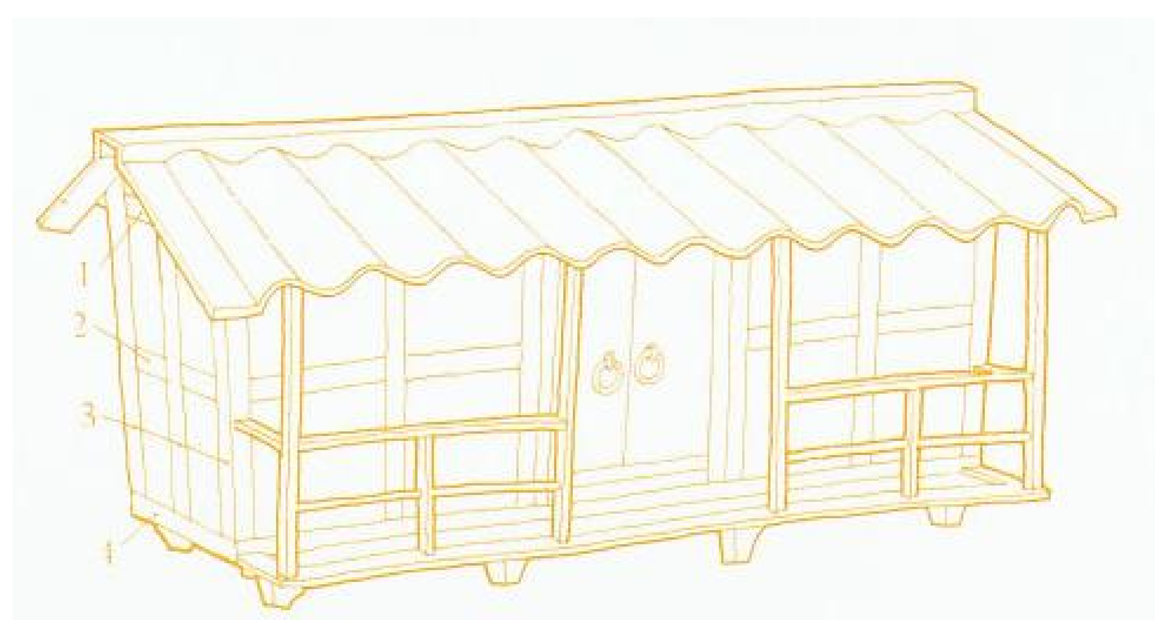


图10-5-1 广西合浦西汉木椁墓出土的铜房子（三柱落地穿斗架的最早实例）

1.天栿；2.穿枋；3.三柱落地；4.镯脚



图10-5-2 五代卫贤《高士图》中的地栿



图10-5-3 四川西昌县城临街二层房屋的墙体抗震处理

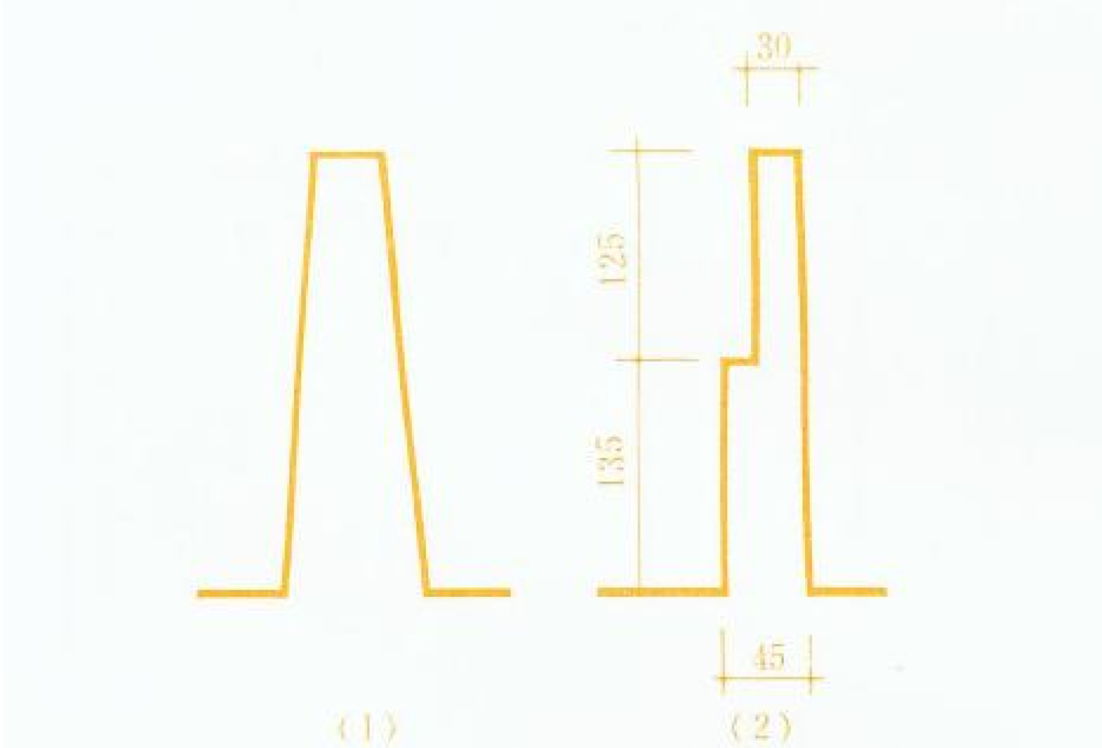


图10-5-4 土墙上收分做法
（1）营造法式筑墙之制；（2）峨山城关某宅一层外墙实例（单位：厘米）

的木窗台。地栿、门槛、隔减和木窗台，都起着抗震的作用。

墙体容易倒塌，常是地震伤人的主要因素，所以墙体的抗震也极为重要。墙体抗震处理方面积累的经验尤其多，民居建筑和元代以前的建筑多用土墙。但缺点是厚重，所以墙体的抗震措施通常是降低土墙高度，四川、云南二层民居一般一层用土墙，二层用轻质墙（图10-5-3），更有一层民居墙体也作成两截，下截土墙，上截轻质墙。道光三十年（1850年）西昌地震之后，当地总结建筑抗震经验有“墙筑半”的口诀即是指此。《营造法式》筑土墙之制规定“其上斜收，比厚减半”，即墙顶厚为墙脚厚的二分之一，云南峨山城关镇二层民居的一层土墙，常做成阶梯形，下段厚，上段浅薄，同样是为了使重心降低。实践证明这样的土墙在地震中很少倒掉（图10-5-4）。为了提高土墙的强度和整体性，南方民居的土墙还常在其中夹置树枝、竹篾等物，如云南永善大关一带民居常在土墙中放置竹筋，转角尤其密集，四川炉霍一带民居常在土墙中铺设树枝，大约每隔70—80厘米平铺一层，凡是经过这一类处理的，都收到了抗震效果。土墙中夹置延性较好的植物材料的做法，起源很早。居延一些汉代烽燧亭障遗址，城堡或房屋的土坯墙中一般都夹有芦苇束。义县奉国寺土坯墙下设通常木骨一层，土坯墙中另设木骨四层，大同华严寺、善化寺的几座辽、金建筑也都有这类做法。北京护国寺明代千佛殿曾发现土墙隔减以上夹有横放、直放或斜放着的木骨（图10-5-5）。这类木骨也应是《营造法式》所谓的纴木。《营造法式》卷十三《泥作制度》条说：“每用坯墼三重，铺襻竹一重”。襻，古指器物上用来结系的带子，引申为结系，襻竹应是指用竹篾片或竹棍以为拉结。可见云南、四川民居上墙设竹筋、树枝的作法原是有着悠久传统的。反过来说，《营造法式》的规定和寺庙中的做法，归根到底也还是吸取了民间的经验。一些地震区民居的土墙，还注意墙端与构架的连结，避免墙体在地震时成为弹性地基上的悬臂墙。甘肃东部农村土山墙常筑到大梁下为止，山尖部分改为轻质墙（图10-5-6），这样不仅降低了厚重土墙的高度，还使厚墙顶端挤紧于枋下有了制约，受震时便不易倒塌，清代官式作法悬山五花山墙，正是吸收了民间建筑这一经验。云南、四川民居的土墙，还常在一定高度设置木圈梁，通海县城北街某宅西墙从西北角开始设木圈梁转到西墙，到西墙南端中途戛然而止。震后圈梁延伸不到的南端土墙全部震倒，有圈梁的部位土墙完好，墙倒与否恰在圈梁端头分界，是圈梁显示出增强土墙抗震作用的最好的例证（图10-5-7）。

斗栱是我国古代建筑特有的构件。对海城地震区寺庙建筑的震害调查表明，有斗栱的建筑震害较轻，无斗栱的建筑震害较重。没有斗栱的建筑梁柱结合等节点构造简单，受震容易脱卯走动。有斗栱的建筑，斗栱各件分别起垫托、联结和杠杆作用。山西襄汾寿圣寺碑记元大德七年地震“此寺僧房廊房厨房一无所有，惟楼殿幸蒙孑存”。佛寺建筑的一般格局是楼殿为主体，多有斗栱，标准较高，僧房廊房厨房等次要建筑，一般无斗栱，受震以后，“一无所有”。而楼殿却能“孑存”，说明斗栱能起部分抗震作用。

我国古代建筑屋顶的基本形式分为四种，明清术语依次为庑殿、歇山、悬山和硬山。从抗震角度分析，庑殿顶最好，歇山其次，悬山又次，硬山最差（图10-5-8）。这是因为庑殿和歇山屋顶梁架中有一些斜向戗角梁之类的构件，可以增强屋顶的侧向稳定，减轻水平晃动，悬山、硬山则没有，并且硬山山墙又有一个山尖高起来，最容易震倒。与硬山相比，悬山山墙顶端有伸出墙外的檩头制约着山墙，稳定性要好些。海城地震区民居土坯山墙有不少都未倒，而用砂浆砌筑的砖山墙却倒了许多，究其原因正是由于土坯墙为了防雨，往往把檩头伸出墙外，成为悬山的缘故，而当地砖山墙却一律硬山到顶，辽南民居一律是硬山，地震遗失较大。四川云南多震地区民居，四坡顶、歇山和悬山屋顶较多，受震损失小得多。从这些经验看来，孤立无倚的墙体抗震性能差，反之则强。

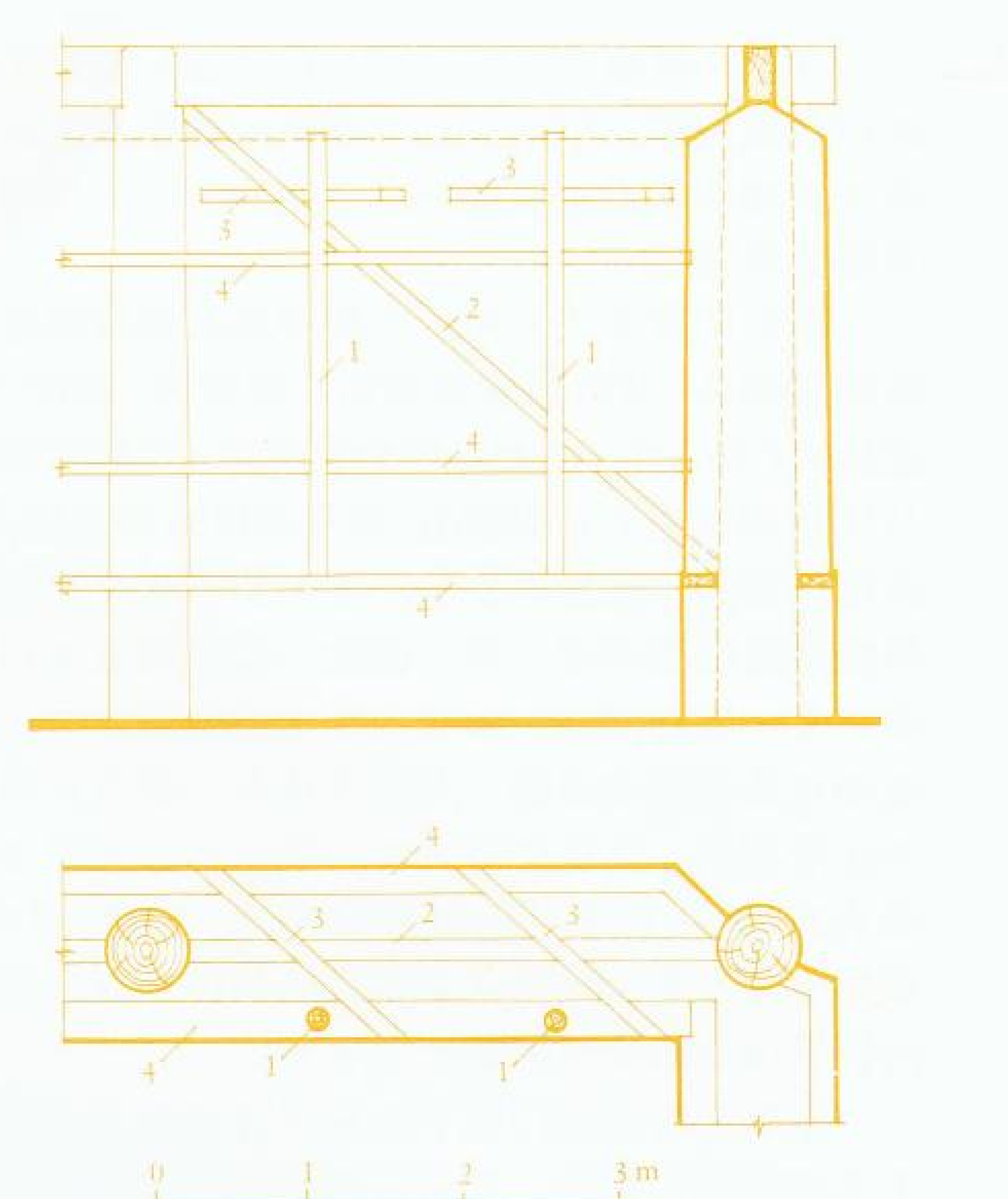


图10-5-5 北京护国寺千佛殿山墙木骨架
1.间柱；2.斜撑；3.平面45°木骨；4.水平木骨

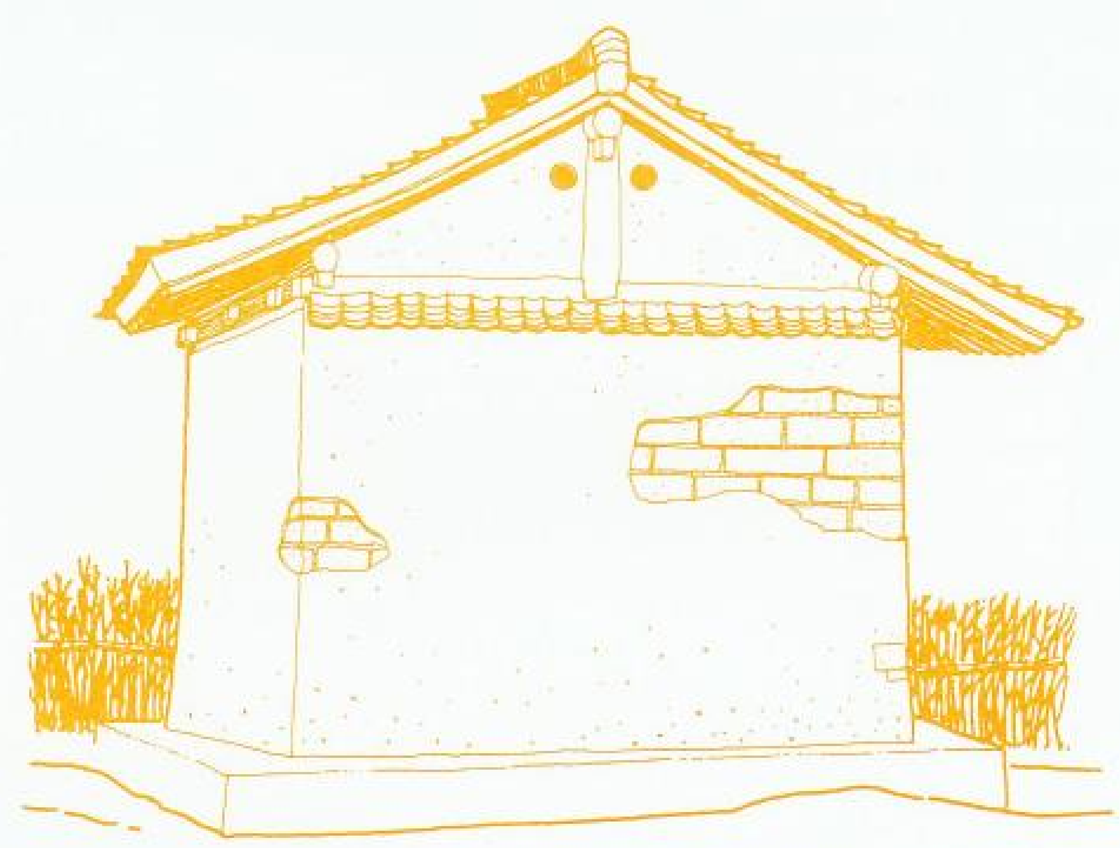


图10-5-6 甘肃天水地区土坯山墙的处理

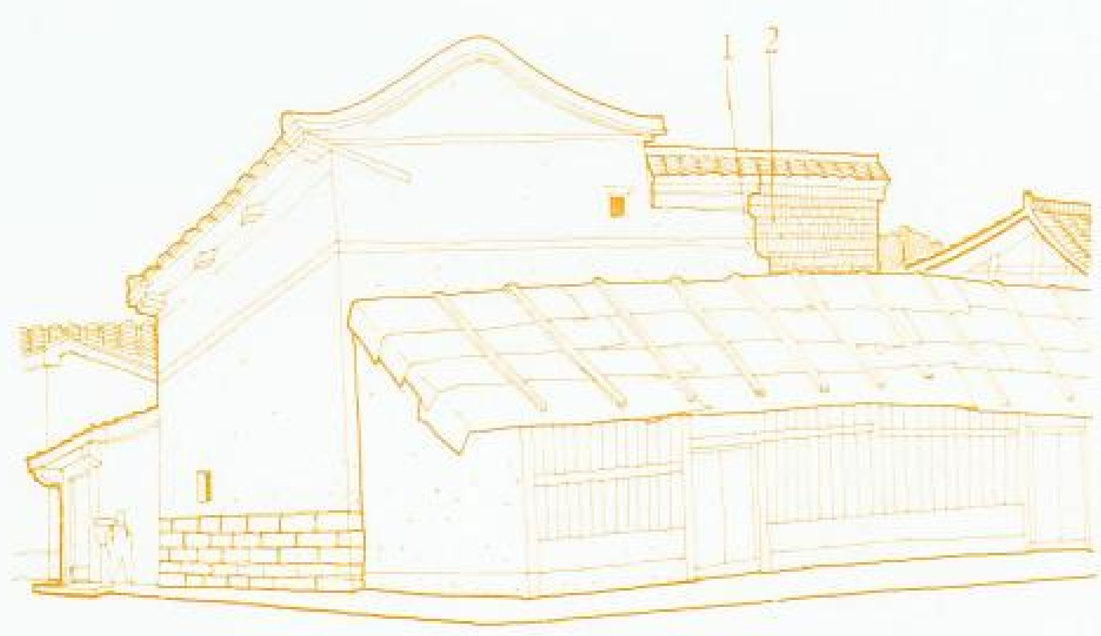


图10-5-7 云南通海县城北街某宅木圈梁的抗震作用
1.木圈梁至此止；2.土坯墙倒后重砌

二 各种结构类型和建筑类型的抗震性能分析

（一）单层木构架建筑和多层木构架楼阁

木构架建筑是我国古代建筑的主要结构型

式，在木构架建筑中，历代实际建造和传留下来的以单层为多，单层木构架建筑的抗震性能从上面关于结构体系及构造特点的分析中，已经可以看得比较清楚。

大约在唐至辽宋间，大型单层木构架和建筑的结构做法，分为殿堂结构和厅堂结构。由宋《营造法式》卷三十一《大木作制度图样》中殿堂侧样与厅堂侧样图上可以看出：殿堂侧样内外柱同高，而用重叠的斗栱结构来解决屋顶的升起。厅堂侧样则内柱已经升高，梁、栿的一端常常直接与柱相结合。现有实物，唐佛光寺大殿属殿堂式，其他如义县奉国寺大殿，大同善化寺大殿等几乎所有辽宋建筑，内柱都有升起，属于厅堂与殿堂的混合式。这种内柱升起的结构型式，一直到明清，成了主流，绝少例外，从抗震的角度来看，这种内柱升起的做法显然是较为有利的。

近年来有关部门对于地震区各类建筑物进行了大量的震害调查，结果表明穿斗架民居二层的比一层的抗震性能要好，多层楼阁式木构架建筑，比单层的要好。这主要是因为二层民居和多层楼阁有各层间的纵横楼板梁和楼板起横向加劲作用，抵抗水平力的能力显著增加了。这是一个很值得注意的问题。关于一、二层穿斗架民居下面另作介绍，这里着重分析介绍多层楼阁。

图示	名称 唐、宋	名称 明、清	建筑等级次序	抗震性能比较
	四阿	庑殿	1	最好
	九脊或厦两头	歇山	2	其次
	两厦或不厦两头	悬山	3	又其次
	—	硬山	4	最差

图10-5-8 古建筑屋顶不同形式对于抗震性能的比较

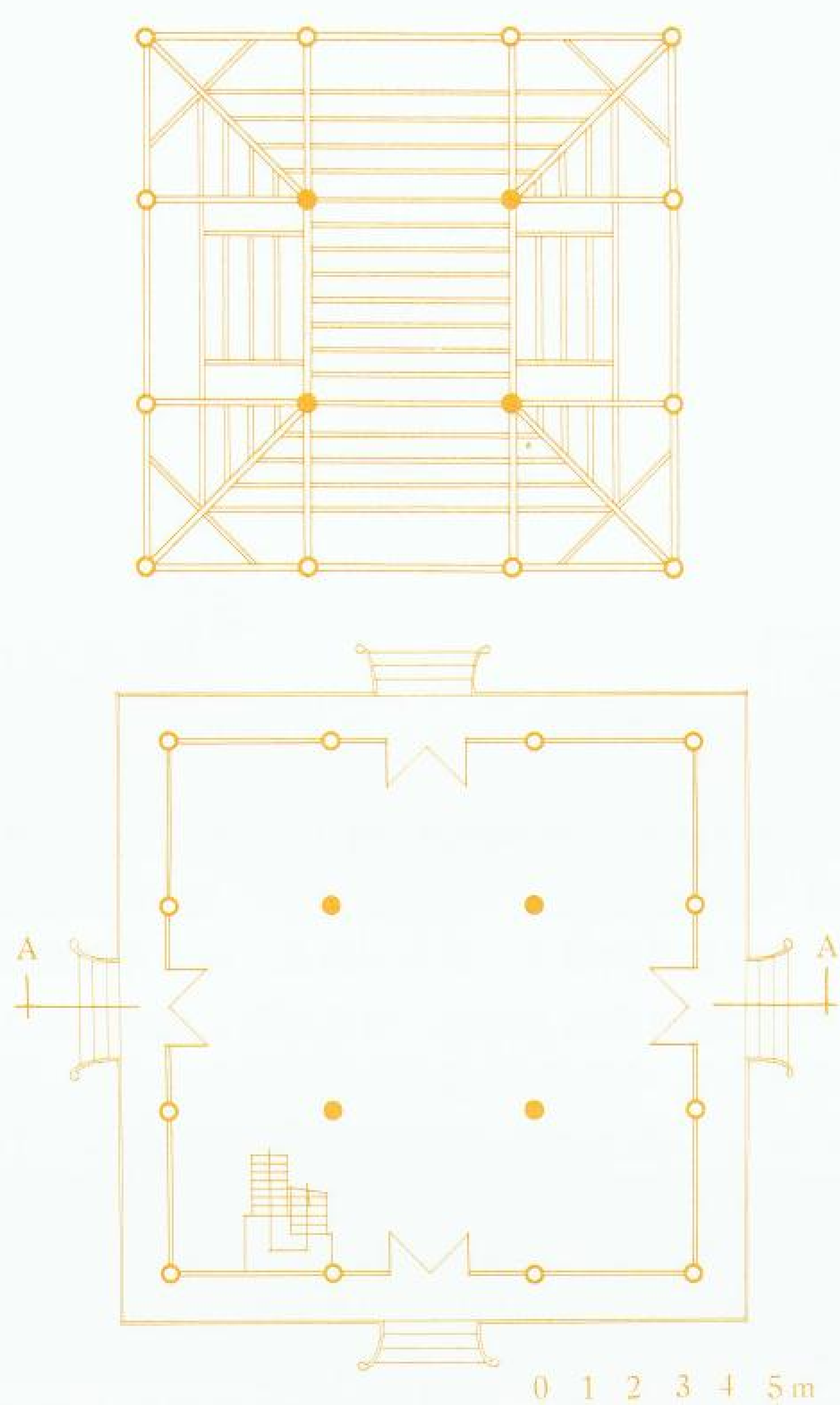


图10-5-9 （1）通海聚奎阁一层平面及一层梁架仰视图

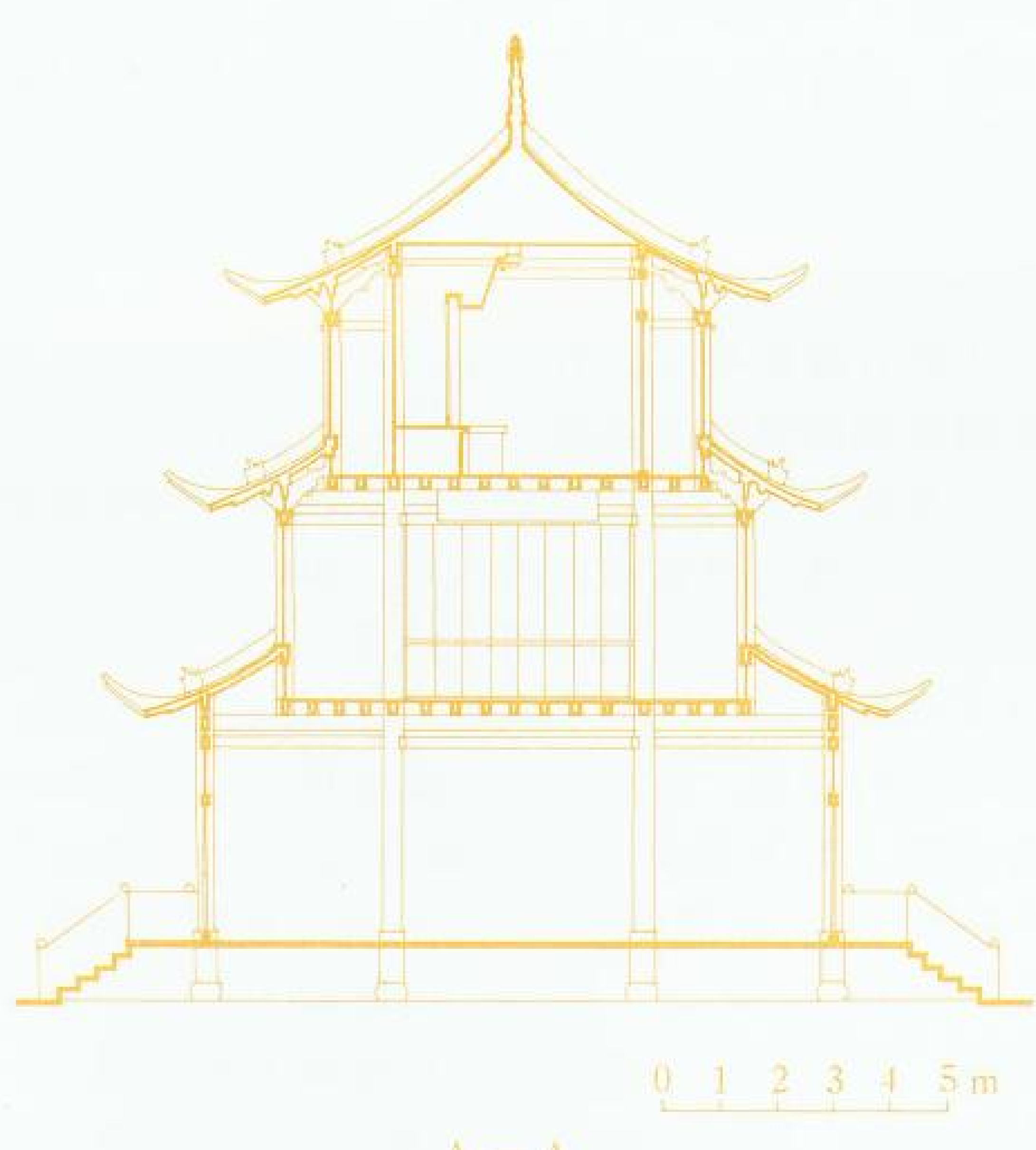


图10-5-9 （2）通海聚奎阁剖面图

康熙十八年河北三河—平谷间发生8级的强烈地震，独乐寺观音阁"独不圮"，大士阁"独岿然无恙"（康熙五十八年《顺义县志》卷四引黄成章《大士阁记》）。那次地震，蓟县、顺义烈度都是9度，在烈度9度区，官廨衙署和民舍大都不存，而多层楼阁如观音阁、大士阁却岿然无恙，这一类记载，从近年实际调查材料中也可以得到证实。

云南通海县城十字街心聚奎阁为三层方形大阁，高约17.5米（图10-5-9），建成于光绪十一年。1970年通海7.8级地震，县城烈度9度，城内砖木结构和混合结构的房屋破坏极其严重，抗震性能较好的传统穿斗架民居，破坏也较严重，独有这栋三层大阁震害极轻，仅阁尖琉璃宝顶及二、三层戗脊上的镂空花脊被震落，大木构架完好无损。天津市宁河县丰台镇天尊阁，也是个三层大阁，平面矩形，高约16.5米（图10-5-10），

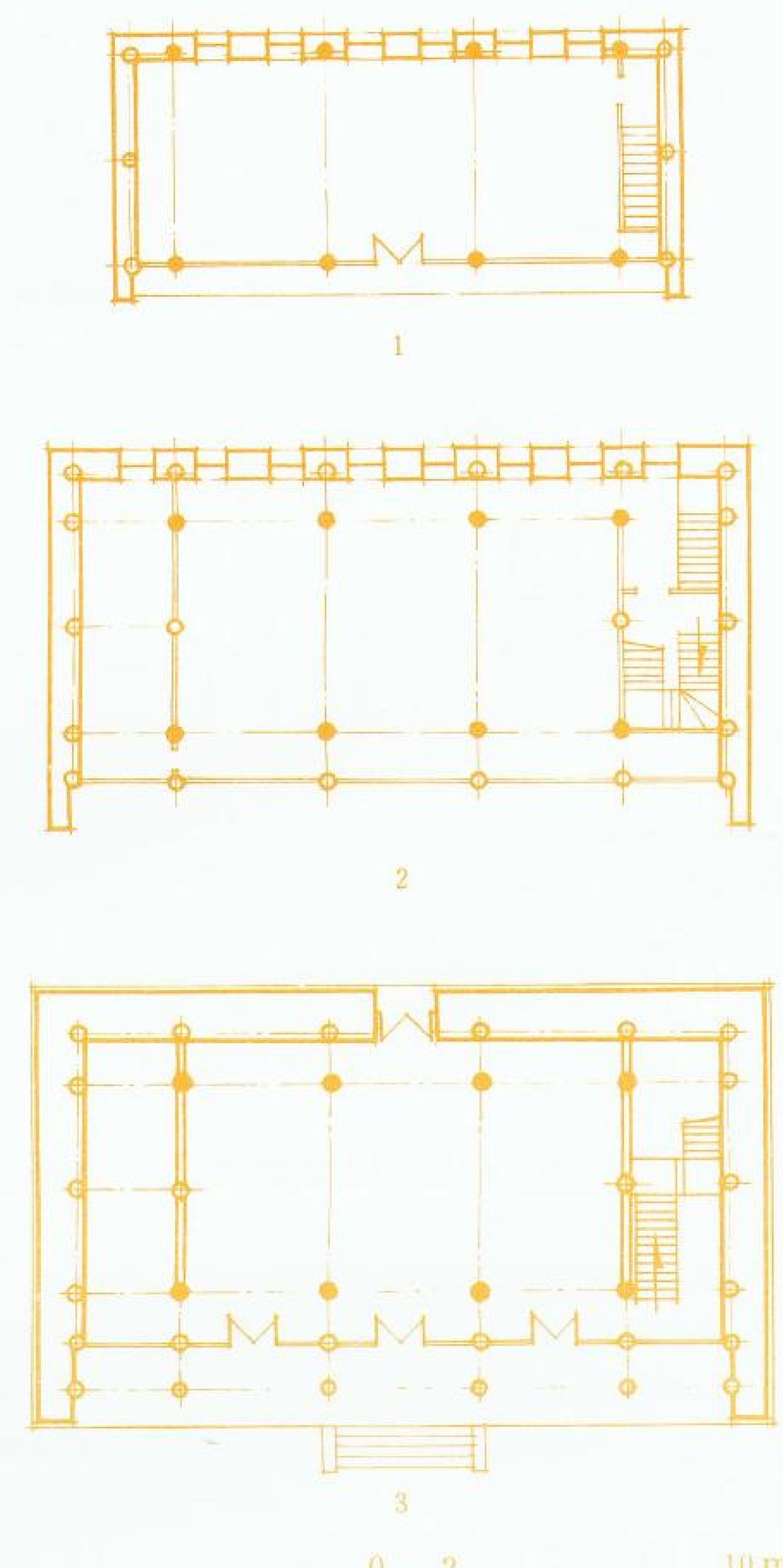


图10-5-10 （1）天津宁河天尊阁各层平面
1.一层；2.二层；3.三层



图10-5-10 （2）天津宁河天尊阁剖面图
1.近代吊棚；2.原来前檐装修部位

建于康熙年间，1976年7月28日唐山7.8级地震，丰台镇烈度9度，镇内各种房屋倒塌五千余间。天尊阁院内的单层房屋也都全被震毁，阁北百余米远的一座新建钢筋混凝土内框架结构的百货商店也完全倒塌，现浇钢筋混凝土主梁次梁全部折断。同年11月15日，又发生一次6.9级强余震，未倒房屋又加重一次破坏。天尊阁经过两次强震的考验，损坏轻微，仅第三层围护砖墙被震倒，大木构架毫无损伤，就连极易震毁的吻兽等亦完好无损。

这两栋三层高阁能够比单层建筑钢筋混凝土内框架结构建筑更为抗震，是很值得注意的。它们在大木结构方面的共同特点是内槽金柱使用通柱三层到顶（图10-5-11），聚奎阁四根内通柱有两根在第三层地面以上1米左右刻半榫墩接，并加铁箍三道。天尊阁八根内通柱全为大木包镶，并加铁箍大约每90厘米一道。三层高的通柱加上两层楼面的纵横主梁次梁及屋顶梁架，在结构的核心部位组成一个整体刚性良好的空间框架结构体系，在这个核心体系周围，辅以一圈逐层内收的下檐柱（聚奎阁）或依次向外排列的二层通柱和一层檐柱（天尊阁）构成外槽“副阶”体系。内外槽共同工作，又主次分明，相辅相成，成为一种具有多道防震线的非静定组合体系，这种组合体系的柱网平面，恰恰如宋《营造法式》中的“金箱斗底槽”。这种处理的结果，使整栋建筑物的形体下大上小，头轻脚重，因而重心降低，稳定性增强。

象聚奎阁、天尊阁这样的三层楼阁建筑能够抵抗9度地震，显示出这类设有内通柱的多层木构架楼阁建筑惊人的抗震能力，代表着我国古代木构架建筑抗震技术的高度成就，天尊阁和聚奎阁都不是个别的例子。距通海不远，曲溪县桥头公社有一座桥头阁，六角三层，内槽六根金柱用通柱到顶。桥头一带亦属9度区，当地一、二层民居倒塌严重，该阁仅一层围护结构土墼墙震倒，大木构架并无损伤。另有通海太平庄馆驿清真阁，也是六角三层，当地烈度10度，周围建筑基本倒平，阁仅略向西北倾斜，外槽檐柱柱脚有错动，内槽柱脚依然未动。

天尊阁和聚奎阁等建筑年代都不算太久，但是这种多层楼阁建筑内设通柱到顶的作法却是有着悠久的传统的，现存实物有宋建河北正定龙兴寺慈氏阁，元建河北定兴慈云阁，明建甘肃嘉峪关城楼、山东聊城光岳楼等，都是著名的使用通柱的实例。

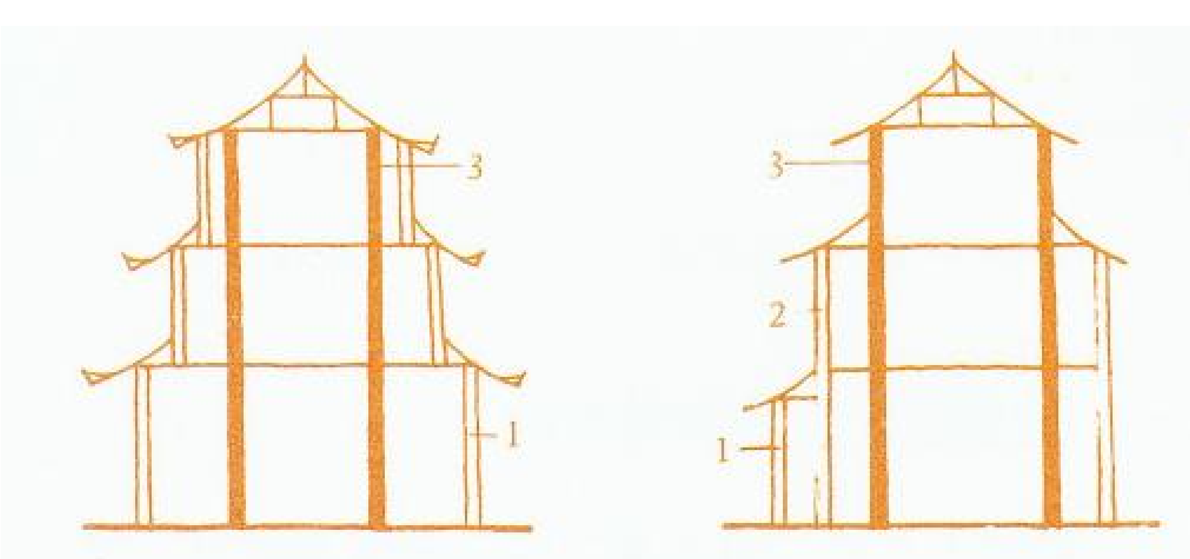


图10-5-11 云南通海聚奎阁及天津宁河天尊阁通柱结构示意图

1.一层通柱；2.二层通柱；3.三层通柱

（二）砖石结构

从抗震角度考察，砖石结构比木结构不利，因为砖石材料虽然受压强度较高，而砌体的抗拉、抗剪均有致命弱点。为了克服这种弱点，古代匠师在砖石结构的建筑技术方面，也逐渐摸索出一套经验，尤其是砖塔建造技术方面更为突出。因为塔是一种独立高耸的建筑物，在抗震方面是最不利的，现存许多砖塔身上都留有不同程度的震害伤痕，关于塔的震害记载也最多。从砖塔结构的发展演变上可以很清楚的看出与防震抗震的关系很大。

现存大型砖塔可分三大类，一类是空筒式塔，盛行于唐，一类是空心楼阁式塔，盛行于辽、宋，一类是实心密檐塔，盛行于辽。

空筒式的塔，可以宁夏银川海宝塔、四川彭县龙兴寺塔和陕西西安小雁塔为例。对其抗震性能作一个大体分析介绍。现存海宝塔系1778年仿原样重建，内部楼板楼梯均为木制，分为九层。传塔建于夏（与北宋同时）。1709年地震，银川烈度约7—8度，原塔上部四层震倒。1739年地震，银川烈度10度，余下部分全部倒掉。1778年仿原样重建，1920年海原地震，银川烈度6—7度，塔四面均沿门洞中间裂成上下通缝。彭县龙兴寺塔据记载建于梁大同二年（公元536年），推断唐代曾经重建，据嘉庆十八年刊本《彭县志》记载，乾隆丙午年五月初六地震，“塔顶四裂，势将倾圮，卒不坠”。光绪六年刊本《彭县志》记载塔“祇存三面，历久如故”，可知嘉庆十八年至光绪六年间，倒掉四分之一。又据当地老人回忆，1933年塔又倒掉一半，现只剩西北角残塔尚矗立着（图10-5-12），西安荐福寺塔又名小雁塔，建于唐景龙元年，方形空筒密檐，现存十三檐。塔南北方向各有券洞，底层北门洞口有明嘉靖三十年（1551年）王鹤题词石刻曰：“荐福寺塔肇自唐，历宋元二代，我明成化末长安地震，塔自顶至足中裂尺许，正德末，地再震，塔一夕如故”。

这一类空筒式砖塔，内部原设有木梁、木梯、木楼板，可以登临，木梁埋入墙体，起一定拉结作用，年久朽烂，便失去拉结作用，加上门窗洞口的削弱，这类砖塔结构大体上只相当于四个平面为⌐字形或两个平面为匚形的高高的砖柱，互相之间仅有门窗洞口上下的砖体以为拉结，受震时连结部分的砌体受剪切是一个薄弱环节，加以砌体灰浆强度低，咬接又不好，所以抗拉强度极低，在主拉应力的作用下极易破坏，破坏的方式常常是沿门窗洞口的断面削弱处产生竖向裂缝，小雁塔两面没有洞口，震裂成两道通缝，海宝塔，龙兴塔四面设有洞口，便裂成四半，裂开之后再遇地震，或受风雨侵蚀，日久就要倒塌。这类砖塔烈度6—7度时就要通体震烈，抗震方面是存在着很大弱点的。

彭县红岩正觉寺塔，建于宋天圣元年（1023年），外观与彭县龙兴寺塔相似，也是方形密檐，还保持着唐塔的形象，但内部已发展为全部砖结构，分为五层，抗震能力已有所提高，塔虽然也已四裂，但裂缝不宽，不到底，并无倒塌危险。

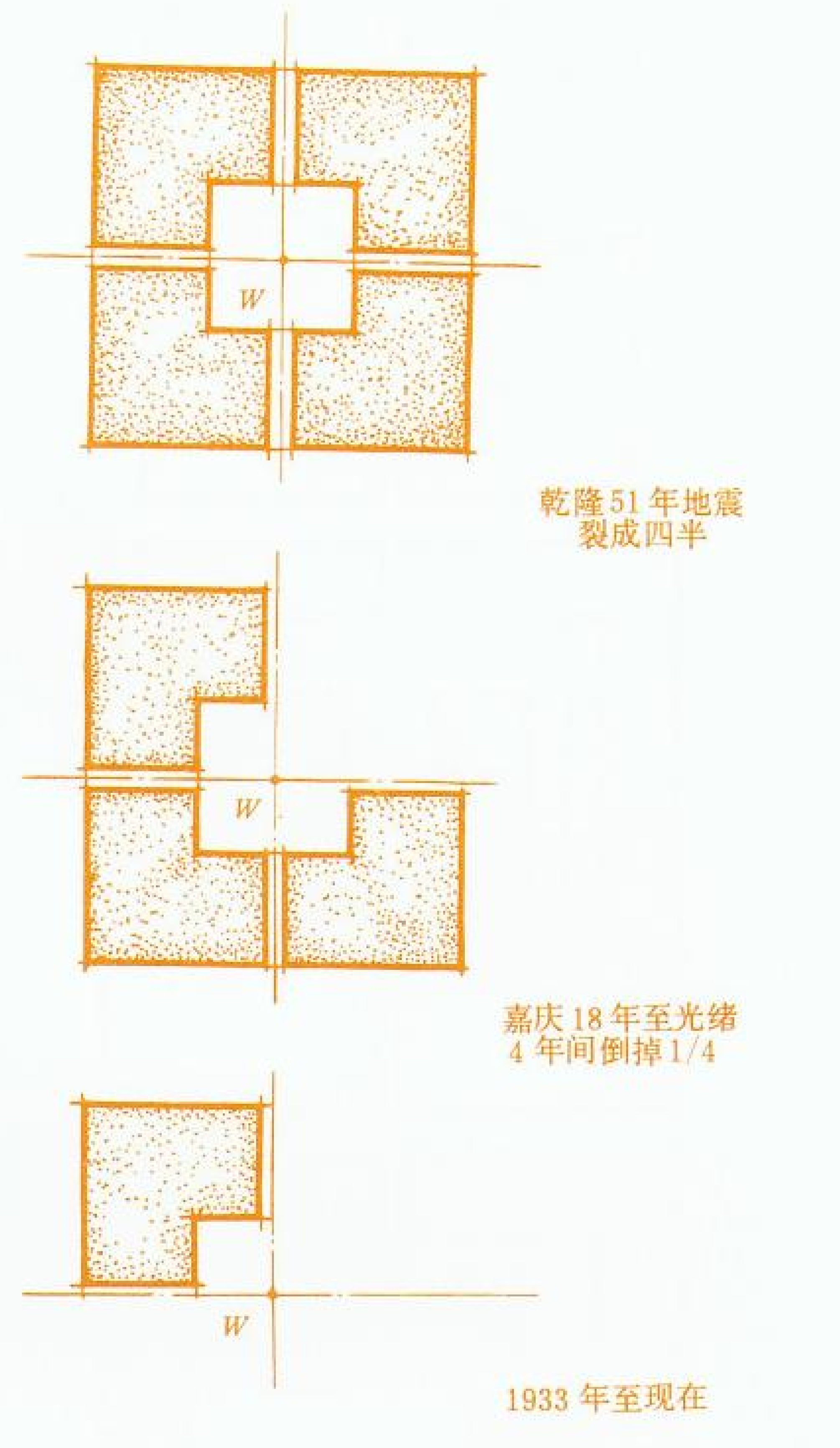


图10-5-12 （1）四川彭县龙兴寺塔破坏过程

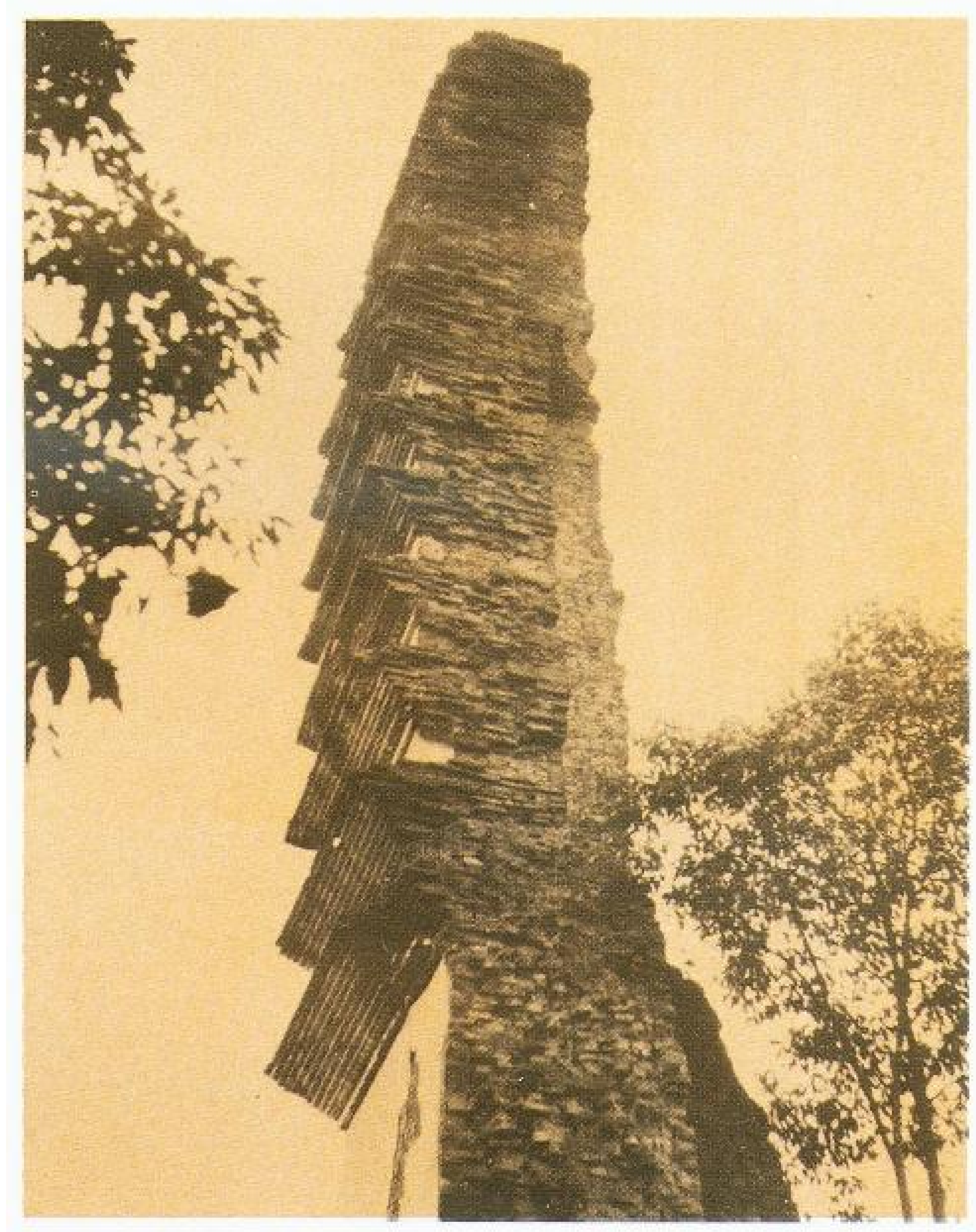


图10-5-12 （2）四川彭县龙兴寺残塔外观

与正觉寺塔类似的还有彭县关口镇国寺塔和乐山凌云寺塔等，这类塔四川很多，这类砖塔不仅内部结构已有改进，而且砖砌体中有的还夹放了扁铁条，以为拉结，如彭县正觉寺塔、镇国寺塔都是。乐山凌云寺塔砖砌体中每隔五至七行砖纵横设置竹篾片，为增强握裹力和防潮，竹篾外面还用棕榈毛缠裹。这样一些措施显然是为增强整体性和砖砌体的抗拉能力，同时也就提高了砖塔的抗震能力。

中原地区的宋代砖塔，平面发展成八角形，

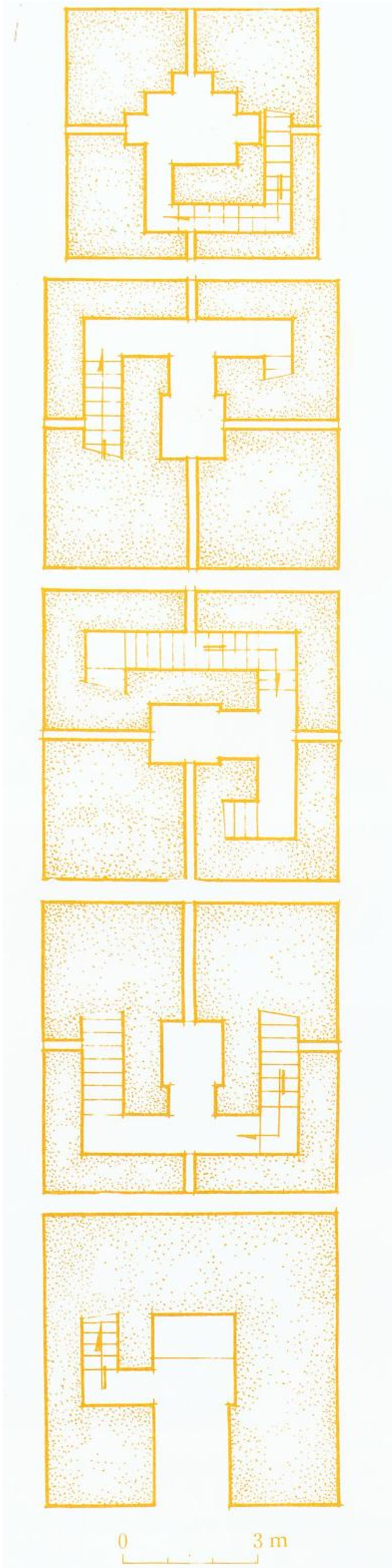


图10-5-13 四川彭县关口镇国寺塔各层平面图

为了避免门窗洞口上下层对拉而易于震裂，有的塔还把洞口逐层交错，甘肃环县塔可以作这方面的典型代表，其地地震亦较频繁，塔至今完好，塔刹犹在，从抗震角度分析，是较理想的砖塔。四川几座宋塔，外壳尚存唐貌，内部结构已分层，有的塔（如镇国寺塔），内部门洞开口位置方向也已有逐层交错的趋势（图10-5-13），代表着典型唐塔的一种中间过渡。

从典型的唐代砖塔到典型的辽代砖塔，也有一个过渡过程。朝阳现存四座方形密檐砖塔，北塔、南塔、凤凰山大塔和王秃子沟小塔。前三座塔仍为空筒式，南北塔原都有门，北塔塔门重建时封死。凤凰山大塔已不设门，不能登临，这四座塔各檐檐下都不设门洞、窗洞，这样的方形密檐塔比起檐下开洞口的唐塔在抗震能力方面已有显著提高，后来进一步发展成为八角实心密檐塔，成为辽塔的典型，抗震能力就更高了。辽阳白塔高71米，海城地震辽阳裂度7度，塔受害较轻，同样的裂度下，比它低矮的唐塔震害都已经相当严重了。

砖塔的发展演变，牵涉到许多因素，但是对于防震抗震的考虑和改进，应是重要的因素。我国砖塔的建造技术经历过长期的探索。到辽、宋时期已臻成熟，典型的八角套筒多层楼阁式宋塔和典型的八角实心密檐式辽塔的抗震性能，都是较好的。

拱券结构抗震是否良好，取决于支点是否变形、移位。著名的赵州桥，经受多次地震考验，完好地保存了下来，并在继续使用。1933年四川叠溪发生7.5级地震，震中烈度10度，叠溪县城城垣全部塌毁，而城墙南门券洞犹存。明代以来盛行砖拱建筑，拱券本身抗震性能好，但在静力状态下支座水平推力已较大，地震时再有地震力即水平动力与之叠加，因而支座墙最易破坏，1976年唐山地震，天津市武清县无量阁三层砖拱结构，受震时拱脚水平推力过大，使墙体劈裂，倒塌严重。

（三）住宅建筑

我国地震频度较高地区，常能直接总结正反两方面的经验教训，选择有利的抗震结构类型和构造做法，积累下许多宝贵的经验，常震地区最通行的民居类型，往往都是抗震能力较高的，下面举出几种典型例子：

（1）穿斗架：我国西部甘肃、四川、云南等省地震较为频繁，这一带民居的基本型式是穿斗架。穿斗架又称立帖式屋架，直接于柱上架檩。不用横梁，柱与柱间用纵横的穿枋穿过柱心而形成一种空间构架，穿斗架通行的地域较广，历史也较为悠久，广西合浦西汉木椁墓出土的铜房子就明确地表示出穿斗架结构。穿斗架的整体性良好，节点的榫卯结合也比较牢固，比华北、东北地区的梁柱式结构抗震性能要好。

四川云南一带穿斗架民居二层的居多，一般认为楼房不如平房抗震，因为楼房高，重心高，自重大，对抗震不利，但是实际情况穿斗架民居二层楼房反而比一层抗震。原西南建筑科学研究所1970年对于通海地震区峨山县城关镇某街穿斗架楼房和平房的震害情况作了对比调查，186栋楼房中71%基本完好，22%倾斜较大，7%倒塌。26栋平房中54%基本完好，23%倾斜较大，23%倒塌。对于峨山小街的调查也有类似的结果，824栋楼房中75%基本完好，21%倾斜较大，4%倒塌。66栋平房中，62%基本完好，32%倾斜较大，6%倒塌。穿斗架二层楼房比一层平房抗震能力高，主要是因为楼面层把木架立柱连成一个坚固的整体，使这个整体空间构架中间多了一个加劲层，抵抗水平力的能力显著提高了。二层穿斗架民居墙体增高，是对抗震不利的环节，所以当地多采用一层土墙，二层轻质墙的做法。

（2）“一颗印”：云南“一颗印”住宅是二层或一层穿斗架房屋的院落组合，而将正房厢房连成一体，组成四合院或三合院前加院墙的型式。组合平面呈口字形，象一颗印。

从抗震角度考虑，房屋平面应力求简单，单体矩形当然较好。单栋穿斗架建筑受震易倾斜，主要是东倒西歪，联排式可以减缓东西向倾斜，而不能减缓南北方向的倾斜。一颗印用若干单元组成口字形组合平面，整体刚度增大，各单元的构架形成互相依靠，既可以防止东倒西歪，又可以防止南北倾斜，所以即使在9度甚至10度区，“一颗印”民居构架倒塌的极少见，常见的只是墙体，尤其是前墙倒塌而已。

（3）藏族民居——康房：四川西部藏族地区有一种民居叫做康房，基本特征是土墙或木柱承重，二层，围护结构一层多用土墙，二层采用所谓“棒壳”式，即用圆木半圆木或方横垒，转角相交作绞井口。当地喇嘛庙一般也多采用这种型式。

二层壁体所谓“棒壳”就是我国古代建筑技术中的井干式结构。井干式建筑渊源极早，至迟在汉代时中原地区已有建造。这种井干式房屋，在吉林林区、云南林区可以就地取材，亦多有建造，它相当于是把一层层木圈梁叠置起来，整体性非常好，因而抗震能力惊人。甚至常有一层结构垮台，房屋倒塌，而二层“棒壳”翻滚到地上仍旧完好而不散失的情况。1973年炉霍7.9级地震，在10度的炉霍县吉鲁村就有这样的实例。9度区炉霍县赛德龙喇嘛庙，一层西侧承重土墙倒塌，二层“棒壳”西端墙部分悬空，仍然没有垮下（图10-5-14）。


图10-5-14 四川炉霍民房1973年地震后情况

三 地震区建筑的抗震经验

康熙十八年三河地震，北京故宫翊坤宫、承乾宫琉璃砖影壁震毁，震后议修复，有司奏准“停止琉璃砖修建，改为木影壁”。那种砖心琉璃贴面的独立厚重影壁，在地震时成了弹性地基上

的悬臂墙，地震力大，最易倒塌，改为木影壁，自重轻，地震力小，不怕震。

道光三十年西昌地震，造成灾害极大，当地发现十余块寺庙碑记和墓碑，都有地震记载，有些家谱中也有记载。《宁南万氏年庚》中有《地动古云序》曰："道光三十年地动，庙宇房屋一概倒塌，打死者数千人，以后经查，惟有装修架板壁房屋，保全性命者略略多也"。厚重的土墙易倒塌伤人，隔扇装修板壁或其他轻质墙不易倒塌，这在多震地区已是传统的抗震经验和最常见的做法。

这次地震，当地群众总结建筑抗震经验教训，有"枋加栓，墙筑半"的口诀，四川、云南一带多震地区，每当震后建房，这种采用半截土墙半截轻质墙的做法，几乎随处都可以见到。

甘肃礼县群众总结民居建筑的抗震经验，也有一句很好的口诀："台子要高，架子要低，进深要大，开间要窄"。这一口诀，简单明确地概括了穿斗架民居的抗震经验。台基加高使基础牢固，架子降低使重心降低，缩小开间尺寸，有利于抗震，道理很明显。"进深加大"，可能主要是指通进深，即增加进深跨数，五柱落地的穿斗架，要比三柱落地的抗震能力高，而进深增大，开间减小，则平面趋近于方形，方形平面比矩形平面抗震性能要好些，道理也是比较清楚的。

第六节 古代建筑的防潮与防碱

防潮是建筑的基本要求之一，我国古代劳动人民在长期建筑实践中积累了丰富的因地制宜的经验。这里，从建筑环境、地面防潮和墙体防潮三个方面略述如下：

(一)从建筑环境上考虑防潮

我国古代十分重视从城市的选址、规划和建筑组群的竖向设计来综合地考虑防潮问题。《管子·立国》指出："凡立国都，非于大山之下，必于广川之上。高毋近旱而水用足，下毋近水而沟防省"。又《度地》篇说："乡山左右，经水若泽，内为落渠之泻，因大川而注焉"。就是说，城市的选址要考虑到供水、排水和防洪水问题，城中的水系渠道要合理地安排，使雨水和污水迅速地排注入大河中去。秦咸阳、汉长安、曹魏邺城、隋唐长安和洛阳的规划基本上都考虑到这一点。这些城市在选址上和规划上都注意到"经水若泽"，开渠凿井来排除积水，通常道路两旁都有明沟设置，或路面下砌涵道，使城内积水顺利地流入干渠、护城河、池泽或河川，以保持城内地面的干爽。北宋因政治经济和军事原因，建都于地势低洼的汴梁（开封）。据文献记载，"街衢湫溢，入夏有暑湿之苦，雨雪有泥泞之患，每遇炎热相蒸，易生病诊"。后来不得不进行改造，疏通河道以降低地下水位；拓宽和修整街道以排除地面雨水；植树掘井以调节地面湿度。

据秦咸阳宫殿考古发掘，建筑群地面已有系统排水工程设施，地面雨水和生活污水均集中流入类似现今砂井的排水池（长3.2米，宽2.7米，深0.7米），排水池底用草泥土涂抹，以防渗水，池下有漏斗把积水泄入圆形陶制下水管，各路水管均有一定坡度，使污水迅速流入干渠。

晋代稽康《摄生论》曾论述："居必爽垲，所以避湿毒之害"。抬高地面是防止潮湿的重要措施。西南山区少数民族地带，气候高温潮湿，多建"干阑"式建筑。中原一带则主要采取高台基的做法。据偃师二里头商代宫殿考古发掘，已有高出地面1米之多的台基。高台基可以使建筑远离地下水位，使地面较干爽，并有利于纳阳和通风，是防止地面潮湿的简单有效的措施，为历代所沿用，成为我国古代建筑的重要特点之一。

为了减少雨水对台基或墙根的侵蚀，早在陕西岐山台陈的西周遗址就用铺卵石为散水的做法。到战国时代即在台基或外墙根四周用砖或卵石、三合土等材料做成有一定坡度向外排水的斜面，宽度约60—120厘米，通常散水外面还有明沟或暗沟，使建筑周围不致有积水。

在竖向设计方面，一般建筑群的地面标高都是前低后高，明清北京故宫就是一个出色的例子。在每一座宫殿院内都考虑了排水问题，都设置有排水支沟，在宫城墙下设有集水干沟，北部的雨水汇集到神武门内的干沟流入西边护城河，南部的雨水分别流入金水河，然后流向东南角的护城河，宫城全部沟道均有适宜的排水坡度，使70公顷的故宫无积水之患，保证了全宫地坪的干爽。北京的一般四合院住宅也有一种俗称"雨过天晴"的做法，把院子地坪做成向东南角倾斜的约3％的坡度，找坡平整均匀，东南角设有集水口通往地下暗沟，使雨水迅速排除。这些对于建筑防潮都起到很大作用。

(二)地面防潮

地面潮湿产生的原因有二：一是地下水通过土壤毛细管现象上升到地面，使地面产生潮湿；二是温度较高的湿气遇到较低温度的地面，当达到零点时而产生凝结水。

仰韶文化的烧烤地面和龙山文化的"白灰面"地面，可以说是最原始的地面防潮措施。三合土地面是古代广泛应用的一种比较经济的防潮地面。李笠翁在《闲情偶寄·甃地》中说："以三合土甃地，筑之极坚，使完好如石，最为丰俭得宜。而又有不便于人者，若和灰和土不用盐卤则燥而易裂，用之发潮又不利于天阴"。说明古人在实践中已认识到，在铺筑三合土地面时，掺加适量盐卤可以增加密实度，防止地面开裂，也有利于地面的隔潮，但不利之处是地面易阴湿发潮。

砖地面是古代最主要的地面做法，为了加强防潮效果，讲究的铺地砖面层下部都作有防潮垫层。秦咸阳宫殿发掘出一种地面，在印纹方砖面层下，垫红烧土瓦砾层。后来大多用砂垫层，厚度少则7—8厘米，多则40多厘米。明清北京故宫内还有一种"架空金砖"的做法，即在地面上先铺砂子，然后用侧砖支承"金砖"地面，砖下有空气层，砖缝间用桐油和白面挤缝，表面再攒桐油一道，称为"响地"，防潮性能相当好。

古代建筑地面有不少因材致用的经验。唐《开元天宝遗事》记载王元宝家"以碱砆石甃地面"。碱砆石的质体较柔松，表面不生凝结水。成都民间建筑至今还当作一种良好的防潮地面。成都郊区后蜀王建墓地面亦用此铺设，石板下还有砖、泥、卵石多层，据观测，具有较好的防潮效果。

至于防潮要求较高的仓室库房地面，据文献所载，有如下特殊的处理：（1）基址必择高阜之处，避水湿浸，内用厚砖砌底，仍用条石垫搁楞木，从宜铺钉松木杉木厚板，方纬草席；（2）大凡建仓择于城中最高之处所，院中地基，务须锅背，院墙水道务须多留，凡邻厦居民不许挑坑聚水，基地先铺煤灰五寸，加铺麦根五寸，上墁大砖一重，糯米汁信浸和石灰稠粘，对合砖缝。

(三)墙体防潮防碱

建筑四面墙体，上易受斜雨浸潮，下易受到地下水毛细管现象上升，而影响到室内湿度的增大和墙体的破坏，故古代工匠对墙体的防潮防水防碱是很注意的。

先秦以前，墙体多用防水性能差的版筑墙和土坯墙。为了增强防水防潮，《考工记》中记载有两项措施：一是"白盛"，即用蜃灰（白色蛤灰）调水抹墙面（称垩)，起防水护墙的作用；二是"囷峁仓城，逆墙六分"，即墙高六分，收分一分。墙的下半部易于受雨水和地下水的侵蚀，适当增加厚度是对防水有利的。据秦都咸阳一号宫殿的发掘报告，当时壁面做法是：先在土坯墙上涂抹掺有黍（或粟）基的泥层（即墐)，厚3—4厘米，再用麦糠拌细泥抹平，厚1—2厘米，最后用白色石灰质材料粉刷，显然增加了墙面的防水性能。

明代《居家必用事类全集》丁集提到："凡屋外檐广阔为上，不得逼促，斜雨泼壁，家多痢疾"。可见古人是认识到挑檐可以护墙，以达到减少因潮湿生病的目的。出檐深远一直是我国木构架建筑的一大特点。据盘龙城商代宫殿遗址分析，当时已有回廊和腰檐。广州出土的汉明器证实，当时已有硬山挑檐和排山沟滴。明清建筑中的砖牙拔檐和搏风等墙顶构造也可以说是一种护墙措施。西南多雨地区，民居的土坯墙亦有"披蓑衣"（即在墙内每距一定水平距离夹有茅草披护墙面和砌加瓦片滴水线的做法。

墙根往往由于地下水逐步上升，使墙面潮湿，因而影响室内湿度，并加速墙的风化破坏，在盐碱地区尤甚。我国古代劳动人民很早就注意到它的危害性，并采取了一定的措施。西北地区的秦汉长城，在城墙中夹若干层约6厘米厚的芦苇层，或平铺约20厘米的柳枝条层，是有防碱水上升作用的。《营造法式》砖作一节中也有"墙下隔碱"的作法。明清时期，民间建筑中墙体防潮常见有两

种方法：一叫“隔碱”（北方常用），是在离地面约30—50厘米高处，用一层2—3厘米的青灰层，或用一层5—7厘米厚的苇杆（或秫秸、柳条）作隔碱措施；二叫“隔潮”（南方常见），是在离开地面的墙根用砖砌筑约5—10皮（30—60厘米），或采用卵石、块石、三合土作墙裙（图10-6-1）。

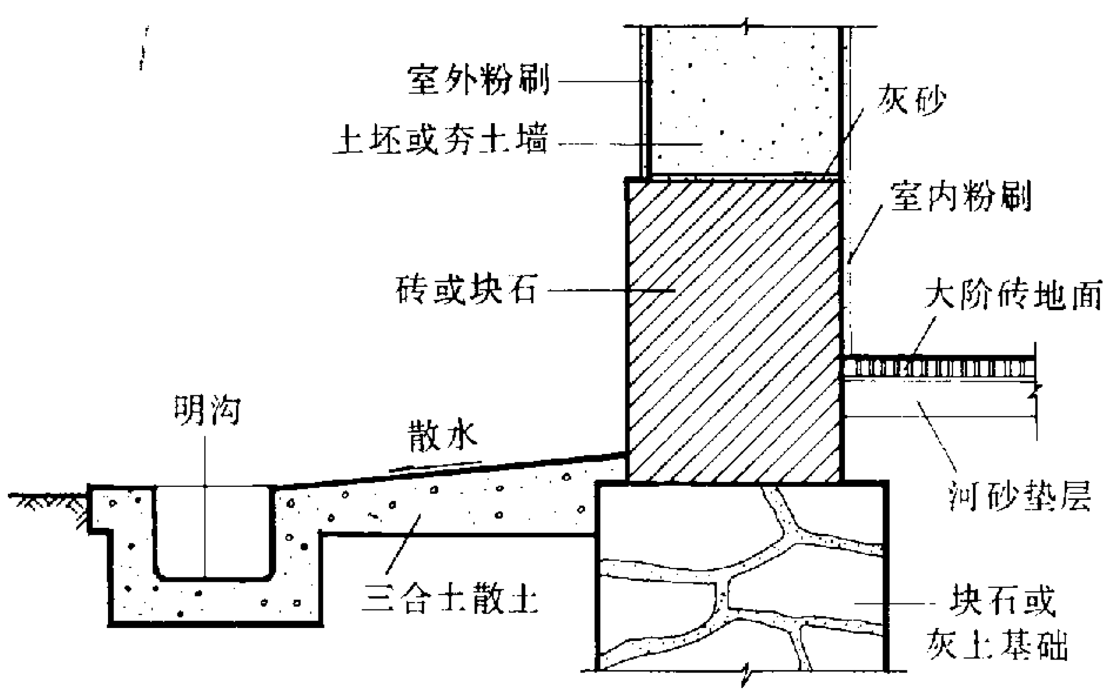


图10-6-1 （1）南方地区墙下“隔潮”构造示意

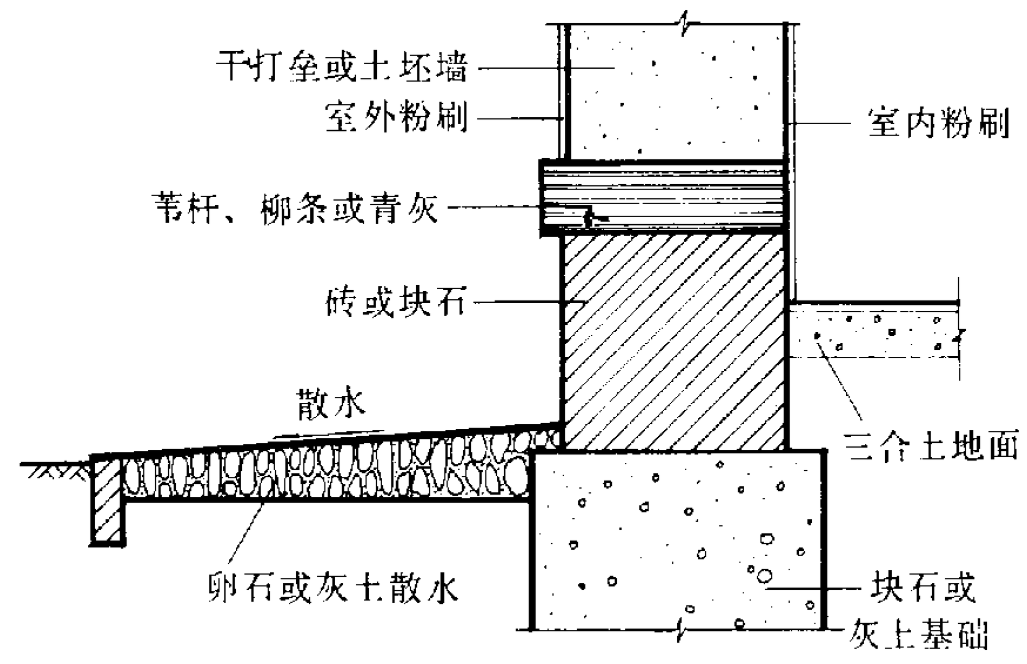


图10-6-1 （2）北方地区墙下“隔碱”构造示意

参 考 文 献

[1]崔实《四民月令》。
[2]郭璞《葬经内篇》。
[3]清版陶朱公《三农纪》。
[4]《苏东坡文集》

第十一章 少数民族建筑技术

概 说

我国自古是一个多民族的国家。我国境内各少数民族都对中华民族的历史和文化做出了自己的贡献。今天，中华民族大家庭中，有五十多个少数民族。除了汉族以外，他们的大致分布情况是：

（1）东北地区：分布有满族、蒙古族、朝鲜族、鄂温克族、达斡耳族、赫哲族等。历史上以牧、渔、猎为主，但松花江、辽河平原很早就开始了农业生产。

（2）内蒙古高原地区：以蒙古族为主。历史上以游牧为主，没有固定的城郭庐舍。

（3）新疆地区：分为阿尔泰山与天山之间以准噶尔盆地为中心的北疆和天山与昆仑山之间以塔里木盆地为中心的南疆两部分。山地、沙漠和戈壁占了很大范围，雨水稀少，河源主要是高山融雪。自古就在艰苦条件下创造了相当发达的农业；山地草坡，则以畜牧为主。现在居留的民族以维吾尔族为主，还有蒙古族、哈萨克族、柯尔克孜族、锡伯族、塔吉克族、乌孜别克族、塔塔尔族等。

（4）青藏高原地区：以藏族为主。在西藏地区还有门巴族、珞巴族。青海地区则有土族、撒拉族、回族和蒙古族。青藏高原高寒地区，以牧业为主，河谷地区有农业经济。

（5）甘肃、宁夏地区：是回族比较集中的地区。回族分布很广，除了少数省区（西藏、台湾等）以外，全国均有零星散布，在各处形成小的聚居。本地区还有藏族、蒙古族的一部分和东乡族。

（6）贵州、湘西地区：以苗族为主，还有水族、侗族、布依族、土家族、佬族等。基本上以农业为主要生产经济。水族、侗族比较接近；布依族与壮族比较接近。苗族以黔东南地区（凯里、雷山一带）为中心，其它几个大聚居区为湘西北（吉首）、黔西北（威宁）、黔西（兴义）等。

（7）广西地区：以壮族为主，还有佬族，毛难族、京族、瑶族和苗族、侗族的一部分。壮族是仅次于汉族的第二个人口最多的民族。历史上即有发达的农业和手工业。

（8）云南地区：民族分布情况最为复杂。有较大聚居程度的民族有：傣族（西双版纳、德宏）、哈尼族（红河）、彝族（楚雄）、白族（大理）、傈僳族（碧江）和壮族、苗族的一部分；其它有拉祜族（澜沧）、佤族（西盟）、纳西族（丽江）、景颇族等；还有布朗族、阿昌族、独龙族、崩龙族、普米族、怒族和少数回族、蒙古族、瑶族等。

此外，还有台湾的高山族、浙江福建一带的畲族、海南岛的黎族、四川的羌族和彝族（大小凉山）等。

各少数民族有自己的悠久历史、语言和风俗习惯，有因所在地域自然环境特点而异的生产经济内容。但是，自古以来他们在政治、经济、文化、科学技术方面互相联系，互相交流，逐渐结成为不可分割的整体。

同样，各少数民族在建筑方面也有卓越的成就。例如，壮族和侗族人民创造的形式优美轻盈的廊桥和寨楼；傣族人民建造的具有独特风格、技艺水平很高的佛寺和塔；新疆地区自古即利用土坯造穹窿，一些古代穹窿结构的土坯塔至今屹立在风沙侵袭的沙漠中，而后来这一技术又发展为伊斯兰教寺院的圆顶建筑；藏族以雄伟的石砌高碉著称，藏族建筑之伟大代表作即是举世闻名的拉萨布达拉宫。

任何民族，都有自己的创造和特点，同时任何民族之间在正常情况下，科学文化的交流是不可避免的；先进的科学文化总要为其他民族根据自己的要求而引入采用。在我国历史上，汉族固然处于比较先进的地位，但同时也从兄弟民族那里学到许多东西。例如：

干阑式建筑：中国古代早有干阑式建筑存在。最早是浙江余姚河姆渡遗址，距今已七千年了。其次，是云南剑川海门口遗址；再次，则是云南晋宁古滇国铜器上的房屋形象，这两例距今约二至三千年。以史料记载上看，四川、贵州、云南、藏南河谷地区均有干阑式建筑。现在仍然采用干阑式的民族有云南、贵州一带的傣族、佤族、侗族、水族等。这些历史和地域情况都和古代部落的分布有联系，都曾对古代建筑的发展以某种影响。

高架圆仓：广州地区曾出土的汉代明器中，有一种高架圆仓，特殊之点是在高架柱的上端有圆石盏，以防老鼠攀援。这种方式现在见于黔东南水族的粮仓。汉代的珠江三角洲地区，主要是古代南粤族，这种仓无疑为当时该地区粤族所用；他们和贵州的水族可能存在某种历史的联系。

穿斗架：盛行于南方的这种构架体系的特点，即是以柱直接承檩，用杉木为结构材料。杉木毋需过多整形加工，剥去树皮(还可用于铺屋面)，截去梢枝（还可用作椽料），即可使用。用料的经济，构造的简捷，取材的方便，就是这一构架体系有旺盛生命力的原因。我国盛产杉木的地带，约为四川、贵州、湖南、江西、福建诸省；在古代，这里正是少数民族的先民们聚居之地。今天黔东南和湘西一带的苗族、侗族人民善于使用杉木，他们的穿斗架木工技术非常高明，他们有这样一个技术标准：高手匠人在房架合榫时，只用一柄木槌，不用钉和楔，而要严紧挺直，没有歪闪攲斜。他们善于识别和培育杉木，那里的杉木品种优良，八年就可以成材。从古到今，清水江、湘江等流域的杉木，成排成筏，蔽江而下，运送到缺乏杉木的长江下游地区，供广大汉族人民使用。他们不仅仅提供木材，而且带来使用杉木的技术经验。固然，这并非意味汉族地区的穿斗架技术没有自己的发展，但我们至少应当说，对穿斗架构造技术，兄弟民族曾作了不亚于汉族的贡献。

关于少数民族建筑的研究，是一个庞大复杂的工作。本章的内容，无论从广度上（各民族的相互关系的历史过程）和深度上（具体地搜集原始资料、建立一个完整的体系），都距离很远。我们仅选择了一些有代表性的少数民族建筑，作了专节叙述。

第一节 藏族建筑（附四川羌族建筑）

藏族是我国历史悠久的民族之一，分布在今西藏自治区和甘肃、青海、四川、云南四省部分地区。

这些地区山岭连绵，雪山重叠，平均海拔高度为4千米，境内有喜马拉雅山、唐古拉山、昆仑山、祁连山、巴颜喀喇山以及南北纵贯的横断山脉等，是世界上最高的高原地区。亚洲著名的雅鲁藏布江、长江、黄河、澜沧江、印度河等也都发源或流经藏族地区。其中河川峡谷，地势较低，气候比较温和。

大约在公元七世纪左右，藏族地区由于农牧业生产的发展和分工，即出现了“有城郭”的定居，同时存在“随畜牧而不常厥居”的不定居。牧区建筑为了适应生产和生活的需要，以畜毛复屋的天幕帐篷为主，如西藏黑河、阿里，青海果洛、玉树，甘肃甘南，四川阿坝、若尔盖等地。在农牧业结合地区，则有冬天的定居基地。在帐篷里过冬，在帐篷外用土块、草石块垒成矮墙，用树枝搭成屋顶。这种“冬房”，至今四川甘孜、阿坝，青海，西藏黑河、安多一带牧区还保留着。

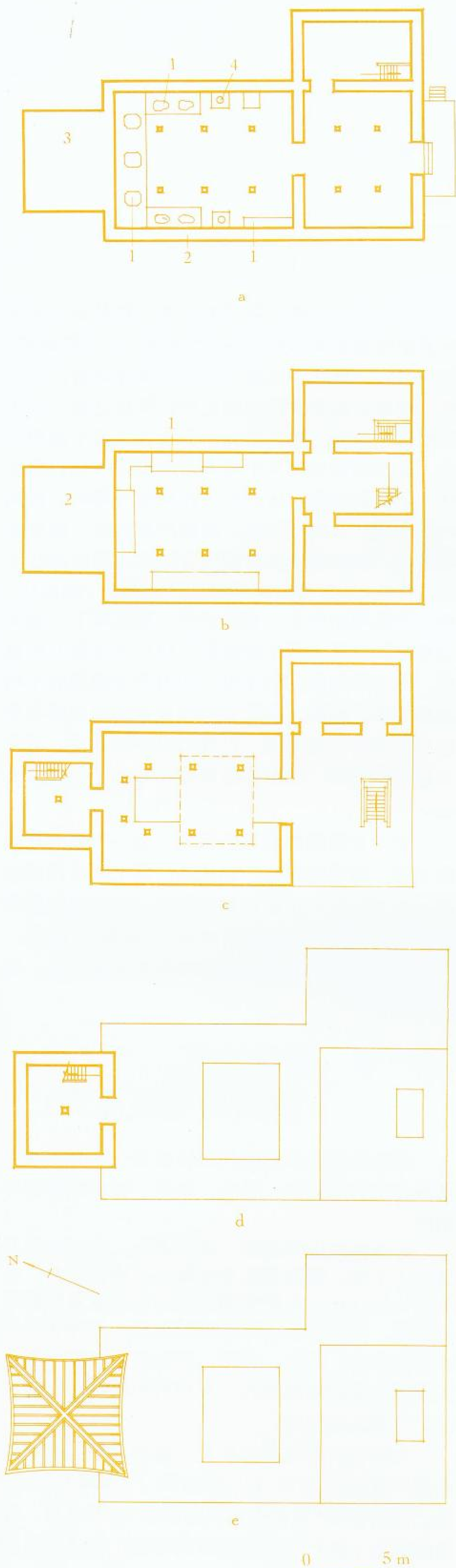


图11-1-1 （1）西藏“永木拉康”碉楼平面示意图

a. 底层平面；b. 二层平面；c. 三层平面；

d. 四层平面；e. 顶屋平面

1. 喇嘛像座；2. 石砌；3. 原有岩石；4. 喇嘛塔

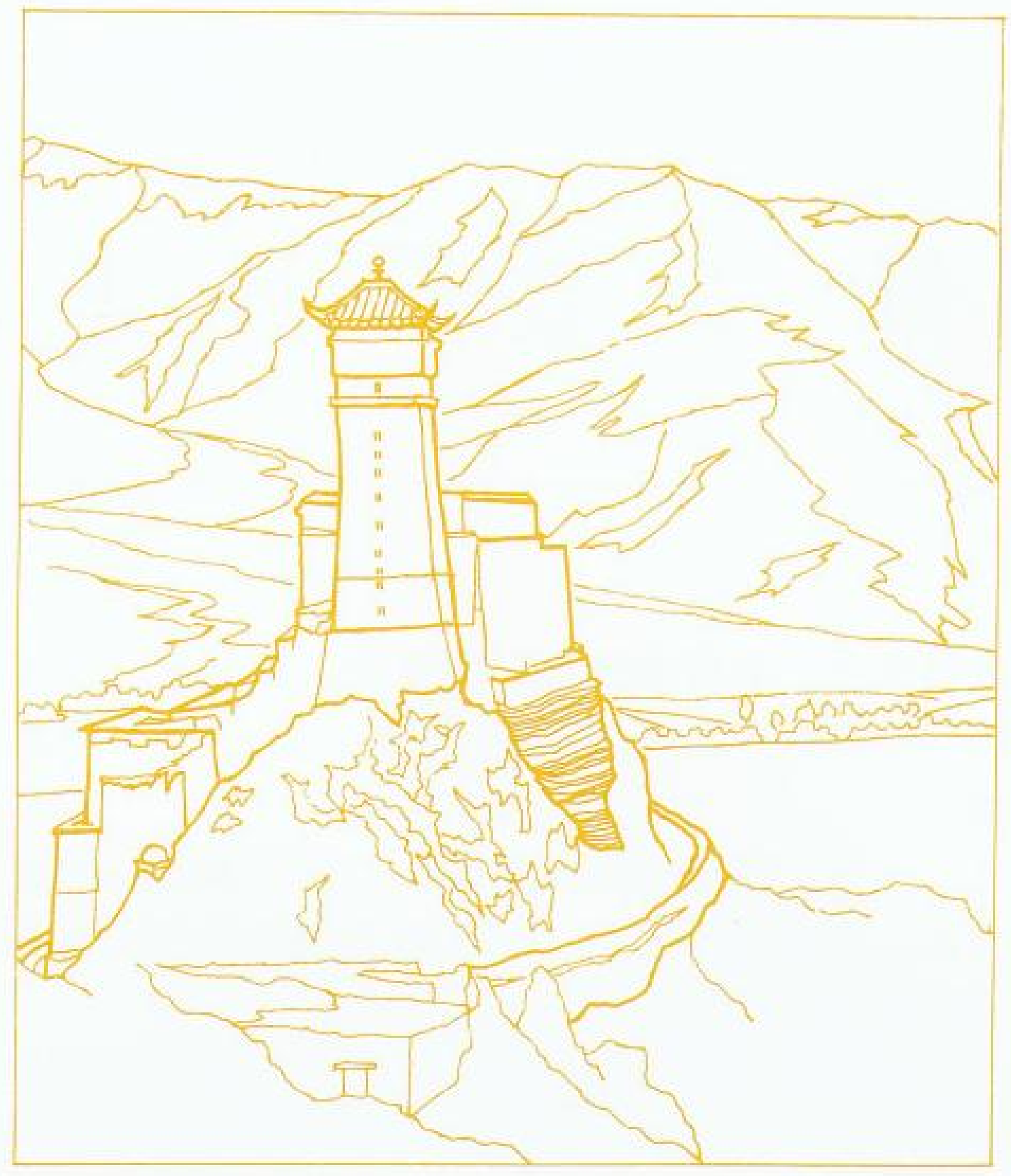


图11-1-1 （2）西藏“永木拉康”碉楼外景

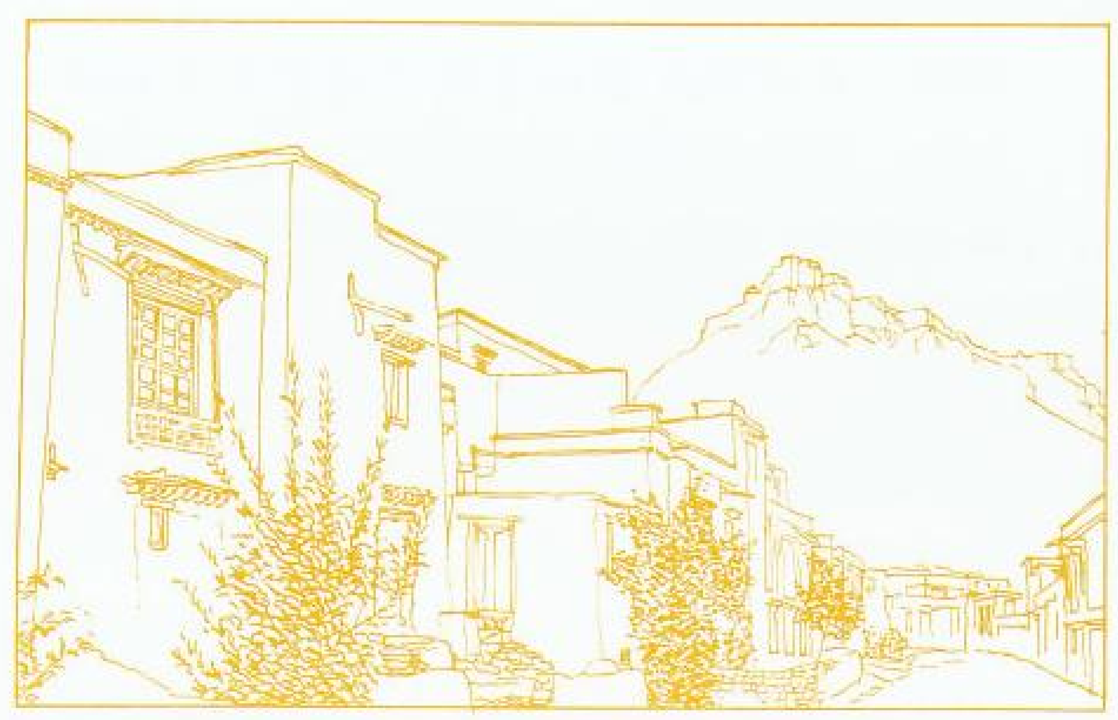


图11-1-1 （3）江孜古城堡及碉房

在盛产石料地区，取石方便，逐渐为石块所代替，出现“石室”。在陡峭地形时则采用分层的办法修筑楼房，称为“碉”，在西藏、四川等藏族地区尚有不少古老的碉房遗址，如四川的阿坝、马尔康、黑水、松岗、大小金川、孜川一带成群的土碉楼、石碉楼遗存，西藏的林芝土碉楼、青海的诺木洪遗址土坯围墙等，说明藏族的碉房建筑技术具有悠久的历史（图 11-1-1）。

此外，西藏的珞瑜、墨脱、米林、亚东、林芝、波密地区，四川的南坪、平武、阿坝、甘孜、木里藏族地区尚盛行干阑式房屋。四川甘孜等地形成井干式建筑。这种建筑的形成，文献记载最早为南北朝，而考古遗物发现为汉代前后。这种适应温暖、潮湿、多雨地区而产生的形式，是古代藏族建筑的一个分支。

藏族历史上吐蕃王国时期统一了整个青藏高原，社会经济稳定发展，公元七——八世纪中叶，创造了文字、法律、度量衡等，除了早期信仰“本波”（黑教），又接受了佛教，丰富了藏族文化的内容，这是西藏奴隶制发展的顶峰，在建筑技术上也是成熟的时期。吐蕃王朝和唐朝皇室间结成了亲密的甥舅关系，汉藏人民在经济、文化方面的交流，也促进了藏族建筑技术的发展。

公元八世纪中叶到九世纪，藏族奴隶制开始走向崩溃，而走上封建农奴社会。相当于宋代，兴建了著名的昌都热振寺（1056年）、日喀则萨迦寺（1079年）、夏鲁寺（1087年）（图 11-1-2）、纳塘寺（1056年）、贡塘寺（1178年）、乌鲁寺（1277年）等等。至十三世纪中叶，元朝的统一，结束了藏族三百余年分裂割据的局面，给

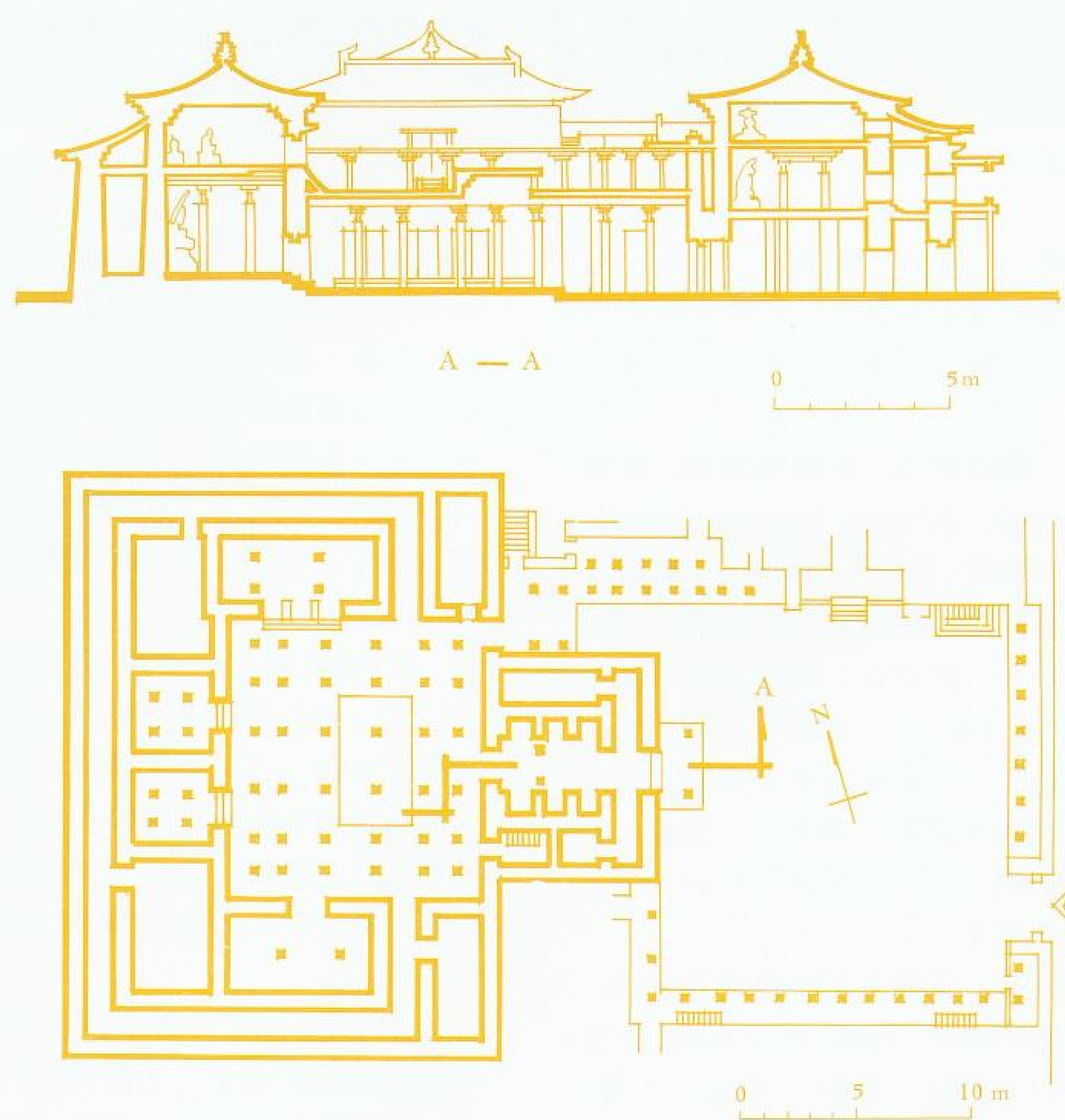


图11-1-2 日喀则夏鲁寺平面、剖面示意图

藏族社会带来了一个长期稳定的时期。藏族的文化艺术、雕塑、绘画、建筑达到蓬勃发展的时期。藏族建筑，经过千百年的演变发展，终于形成了它的独特的技术和风格，如西藏的布达拉宫和哲蚌寺、扎什伦布寺等；四川甘孜寺、德格寺；青海塔尔寺；甘肃拉卜楞寺等著名建筑群，并且影响到内蒙古等地区建筑。由于“政教合一”的统治，反映在建筑上分为两大系统：即统治阶级的贵族、领主的庄园官室和以佛教经殿为中心的寺院；此外就是被统治阶级的住房。前者高大、森严、华丽，有些带有多层碉楼；后者低矮、简陋，人畜同居。在建筑技术上（结构、式样等）趋于程式化，有一定的营造法制。建筑成片毗连。南向亦出现大窗户及出挑窗台、檐口、平屋顶，重点建筑常冠以汉式铜质镏金屋顶和斗栱、额枋彩画等。建筑装饰和宝塔、倒钟、盘莲、宝轮、金鹿、柱饰和“祭坛式”入口等具有中世纪印度和尼泊尔寺庙的遗风。

一　城镇建设

(一)藏族城镇建设的一般情况

藏族地区城镇大致可归纳为以下四类：

（1)以城镇为主　如西藏的拉萨、昌都、江孜，四川的甘孜等。

1)拉萨：拉萨古城，海拔3658米，是前藏的首邑，唐代为吐蕃的都城，即逻娑城。以前，历代法王，达赖喇嘛驻此，是西藏的政治、经济、文化的中心。城市位于拉萨河北岸河谷平原，四周环山，寺院建筑群林立；以著名的大昭寺、小昭寺等形成城市的中心区（八角街）。喇嘛住宅、商店集中在八角街的周围，城市的东北角为手工业作坊区、西北角为寺院学院，西向有布达拉山和药王山，其上有布达拉宫和药王庙，是全城最突出的制高点，与大昭寺构成“圣地”中心部分。街坊沿八角街呈放射状发展，形成毗连的建筑群。

2)日喀则：日喀则海拔3800米，是后藏的首



图11-1-3　布达拉宫总平面图

1.布达拉宫落成纪念碑；2.大阶梯；3.东大门；4.西大门；5.大天井；6.地下隧道入口；7.白宫入口；8.东大殿；9.天井；10.西大殿；11.五世达赖灵塔；12.东佛殿；13.北佛殿；14.南佛殿；15.十三世达赖灵塔殿；16.经堂；17.宿舍；18.通道；19.带监狱；20.带马廊；21.经院；22.民居；23.城堡入口及城墙；24.唐代记功碑；25.龙王潭

邑，西藏的第二大城市，亦名“扎什伦布”，汉语称“须弥福寿”，位于年楚河与雅鲁藏布江的合流处。城市背山面水，形势险要，西南的山凹中有著名的扎什伦布寺，为历代班禅喇嘛所在地。有乱石砌筑的城墙，在遥相对峙的宗山上有城堡式宗政府，成为这个城市的标志。中间平坦地带就是日喀则宽广的市镇，平面不规则，自然形成街道，是西藏西部的政治、经济、文化中心，商品集散地和手工业城市。

3)江孜：江孜海拔 4040米，位于日喀则东南年楚河畔，这座古城有六百余年的历史，是前、后藏交通枢纽。城镇傍山修建，在山腰上筑有石砌城墙高 3—4米，墙身砌筑在坚实的土质上，用片石、块石砌筑碉楼，坚厚牢固。城市居住区和商业区集中在山下平地一侧，山腰上依山修建有白居寺等,气势雄伟,与城堡碉楼同为江孜市的主要特征。

4)昌都：昌都海拔 3240米，是金沙江以西的重镇，建于澜沧江上游二支流的岔口间，背山面水，由二级台地组成。第一级台地（山坡）上建有昌都大寺，外环群山，山下台地为居民的村镇，道路狭窄而不规则。

以上城镇布局的大致方式是：总体选择背山面水，或四面环山的河谷地带宽广平坦的地方；其布置一般由中心区向外延伸，自由发展，无一定的格局和轴线；地势略有倾斜以利于排水。阳光充足，通风良好。

寺院建筑耸峙山巅，筑有城墙为防御外来侵略的屏障。往往先建房屋后修道路，一般有一条主要街道和若干条次要道路相连，通常道路狭窄弯曲、不规则，自由发展。

（2）以寺院为主，形成宗教中心的城镇　如拉萨布达拉宫（图 11-1-3）、三大寺（噶丹、色拉、哲蚌寺）、日喀则的扎什伦布寺、青海的塔尔寺、夏河的拉卜楞寺和四川的甘孜寺等。

总体布局一般是选择靠山面水的向阳坡地，因地制宜、傍山修建。从地形上可分为缓坡地、靠山平原地、陡坡地三种。建筑群是围绕经堂为中心，结合寺院的行政组织而形成建筑群，进而逐渐发展为村落和城镇。规模庞大，修建时间长达几十年至一、二百年。选址特别考虑了争取良好的日照条件，充分利用居高临下，在防御上能控制全局的优越地形。坡地总体布局是从山腰到山脚，再由山脚向河谷平原发展（如哲蚌寺、扎什伦布寺、拉卜楞寺等）。

（3）以官寨和庄园为主形成的村镇　如西藏的“溪卡”[1]，江孜的庄考庄园、山南的凯松溪卡、拉萨的雪康庄园、查隆、东仁庄园等，四川阿坝的松岗官寨、华尔功臣烈官寨，青海甘南的大司官寨等。

官寨四周筑有碉楼，或者官寨本身就是高大的碉楼（“颇章”）。居高临下，地势险要，可监视农奴和奴隶。官寨下方多为交流物资的市场。

（4）自然集居的寨子

农区：西藏、青海、甘肃、云南的广大藏族农区，半农半牧区，特别是四川的绝大部分藏族人民耕地多在高山，山腰或台地上，靠近山泉、溪水。为了便于生产和自卫，多在河谷两旁坡地上，背山面水建造分散的个体房屋，进一步发展成为自然村镇或寨子。这种寨子在四川较普遍，大部分建于较陡的坡地上；如马尔康的因波罗寨，黑水的塔子寨等；也有建于山脚和较平坦的河谷地，如马尔康的俄尔雅寨，枯岗的东波寨、阿坝的洞沟三寨等。

牧区：逐水草而居，以部落为集居单位，成区成片分布，如西藏的黑河、安多、阿里等地；青海的三十九族地区；昌都丁青一带；甘肃南部的甘南、夏河、马曲一带；四川的阿坝、若尔盖，甘孜的石渠、色达等。一般较大的部落辖有若干小部落，最小部落由三十余户组成，部落帐房围成环形叫“帐圈”，是牧区集居的基本单位（图 11-1-4）。

布局有沿山及滨河两种，前者沿山坡台地依等高线布置村寨，后者沿河谷平原，成团成组，规模大小不一，由几户至十几户不等，主要靠近耕地和水源。



图11-1-4　草地帐房群体鸟瞰

(二)工程技术设施

（1）道路：主要城镇，如拉萨，有较宽的主干道约宽 3—4米，便于骑马和牲畜通行以及喇嘛传经集会用；与自然形成的次要道路（仅能通行人畜）相连成为交通网。其余寨子和中、小城镇道路无一定格局，一般以实际地形出发，往往先建房屋后修道路，较自由灵活。山寨道路坎坷不平，狭窄弯曲，多为羊肠小道或石级，主要建筑材料为黄土、泥夹卵石、块石、片石等。

（2）排水：早期的拉萨古城，沿八角街大、小昭寺等建筑群附近，尚残存石砌排水明沟，宽约 50—60厘米，周围有规整大石块砌筑的道路，采取自由散水，由明沟排至拉萨河。

其它城镇，绝大部分是依地形自然排水，村镇选择在半山、山脊和台地上，避免冲沟，有利于防洪。

（3）引水：城镇村寨多靠近水源（如河流、山泉、小溪等）或有地下水的河套沼泽地带。当水源远离时，一般多采用半圆木挖槽引水至寨内或寨旁水塘蓄存备用。在西藏阿里地区的古格王国遗址，因高居山巅，战争中断绝水源而遭全族覆没，常为后世引以为戒。

（4）防御工程：西藏地区过去有“前藏三十一城，后藏十七城”之称，实为由多座碉房集合而成的城镇、村寨。各寨中碉楼地势高，易守难攻，汉初已见于记载。各地的溪卡和官寨周围亦设有碉楼，或者本身就是碉堡式建筑，高达数十米。明、清以前，典型的如四川大小金川、汶川、丹巴一带，碉楼林立。又如西藏江孜的宗山城堡和古格王国古堡遗址，日喀则的宗政府，喜马拉雅山南麓宝日县城残留城堡遗址等，以及著名的各个大寺院的城墙（如山南的桑鸢寺、日喀则的萨迦寺、江孜的白居寺）等。碉楼主要用于战争防御中控制全城的制高点。基础直接砌筑于坚实的土层或岩层上。石墙是用乱石垒砌，做到墙身平正、稳固、牢靠。高碉一般砌筑几年，每砌筑一层之后等待几个月甚至一年经粘牢和自然压实后再继续砌筑第二层，亦有用粘土（阿噶土）加小石块版筑夯实而成，倾斜有收分。有的经过多次大地震至今尚存，例如四川阿坝若佳寨碉楼等。寺院围墙两侧，常堆积有礌，俨若阵地的交通壕，亦有地道相通，如布达拉宫，为重要的防御工程。

二　藏族居住建筑

(一)帐　　篷

帐篷是藏族牧区最普遍、古老的一种居住形式，在我国历史文献中早在一千多年前已有它的记载称“天幕”或“穹庐”。例如：“恒处穹庐、随水草畜牧”（《周书·吐谷浑传》），“织牦牛尾及羖䍽毛以为屋”（《隋书·党项传》[2]）。又称“其屋织牦牛尾及羖羊毛复之”，（《北史·宕昌羌》[3]），业游牧者，天幕为家，以兽皮蔽遮，住于陋室者或以牛毛织成鱼网形为黑天幕，谓黑帐房（清《西藏新志》）。这些居住形式具有可以随时拆卸、搬运的特点，适应牧民逐水草而居的生活方式。

在牧区中主要有三种放牧方式：定居、半定居、季节性放牧；其建筑形式随放牧方式而有所不同。定居及半定居放牧的居住建筑为帐篷及冬房。季节性放牧，即夏秋到高地，冬春到低地、谷地放牧；居住形式为帐篷。由于季节不同有冬帐篷、夏帐篷和冬房之分。

（1）冬帐篷：冬帐篷一般是用牦牛毛编织而成，先编织成 20—25厘米宽，10—12厘米厚的深棕色或黑色、白色毡条，然后根据需要尺寸缝制而成毡帐篷。帐篷大小不一，通常有 24幅、32幅、48幅（每幅约一市尺宽）。它经暴雨不漏，受风雪不裂，能适应高寒气候。常见有长方形、正方形、六角形、多角形；一般平面尺寸每边约 5—7米。帐篷架设，前后用两根或四根小木柱为立架，大帐篷用 4—6或 8根支柱，室内空间高度约 1.6—2米，外面有若干短支柱，帐篷两边倾斜下地，帐顶用牛牦绳在四周钉地桩牵牢，

1）西藏农奴主的庄园，统称“溪卡”；封建政府的庄园称“雄卡”，寺庙农奴主的庄园称“却溪”；贵族农奴主的庄园称“革溪”。

2）党项，今青海、甘南一带藏族地区。

3）宕昌羌，今甘肃、青海、四川交界一带藏族地区。

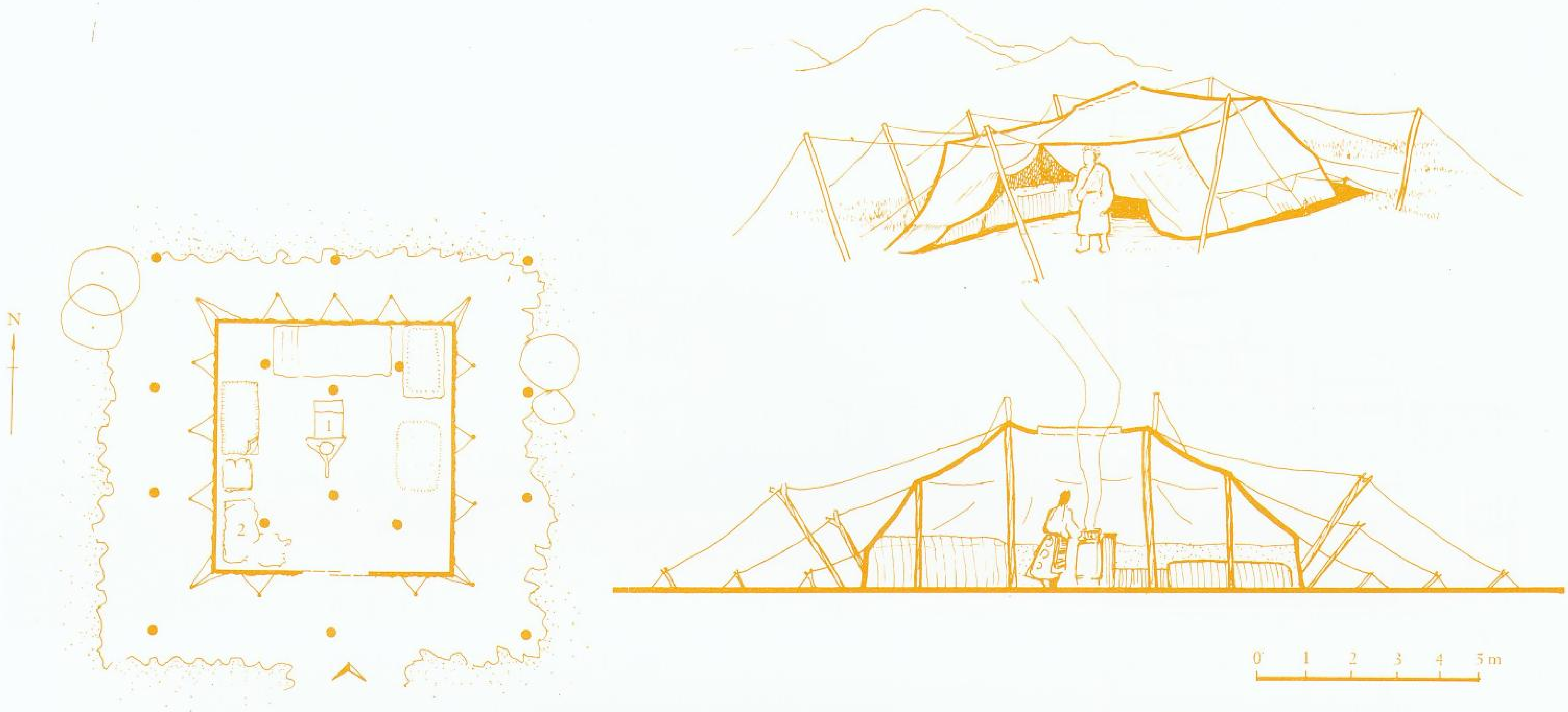


图11-1-5 藏族牧区帐篷
1.灶；2.干牛粪

并用木桩或牛羊角桩锚定。帐篷顶部留有宽约10—15厘米，长约1.2—1.5米缝隙作天窗，便于通风、采光、出烟、透气，雨天可以遮盖。冬帐篷是定居和半定居牧民，每年十月份至次年四月间远牧归来后定居的一种形式，多集聚在背风向阳、水草近便的山洼地带，以便人畜过冬。四周常用草皮或石块垒砌矮墙1.5米以下，以御风寒，并在帐篷内四周常堆放盛青稞、酥油的皮袋，空隙处涂牛粪、粘土以避风寒（图11-1-5）。

（2）夏帐篷：多为半定居的牧民所采用，这是通常每年四、五月至十一月间外出游牧时使用的一种轻便帐篷。或者领主、贵族、活佛等夏季游乐时使用，它是用白布、藏布、帆布等制成。多为正方形、长方形。四周饰有黑色、褐色、蓝色边，较大型的帐篷还饰有各种图案花纹，如海螺、法轮、八珍图等，有浓厚的宗教色彩。通常计算帐篷的大小是以一幅布和“庹”作为标准。最大帐篷为六幅又五庹布，相当于内地的三间房子（约50平方米左右），文献上称为“百子帐”。过去只有三大领主才能用上。普通7—8年更换一次新帐篷。穷苦牧民几十年也换不上一次。最简单的结构形式是两面坡的人字形，用牛牦绳系紧在地下木桩上（图11-1-6），可容纳2—3人；中等可容纳5—6人；大的可容纳数十人不等。这种帐篷的特点是构造简单，拆装、运携方便。土司、头人所有的帐篷则由成组的大帐篷组成。选址在利于排水的倾斜地带，按部落形式而群居；多朝南、西南向开门，入口有挡风幕，正中常有一座牛粪灶（用泥土砌成的长灶）采照、照明、炊事全靠晒干的牛粪作燃料，按宗教习惯是男左女右的席次，沿袭至今。

（3）冬房：冬房是牧民定居房屋，实际上是从冬帐篷演变发展而成的。牧民为了避风寒常常在帐篷外面一圈垒兽骨（牛、羊骨等）涂以泥土、牛粪或垒草皮、土、石块作成矮墙，并在顶部上面加盖树枝，填泥土筑成平屋顶，这样便形成“窑洞式”的冬房，它四周不通风，只靠顶部狭窄的采光口透气。

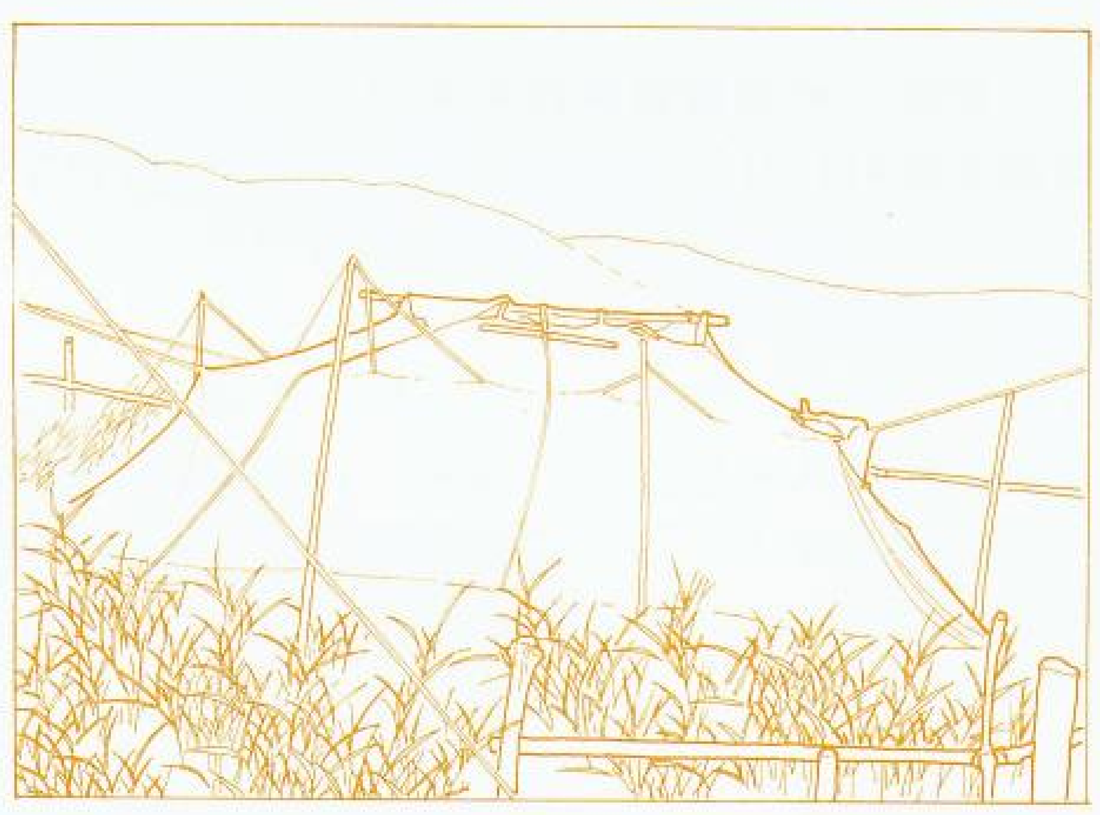


图11-1-6 夏帐篷

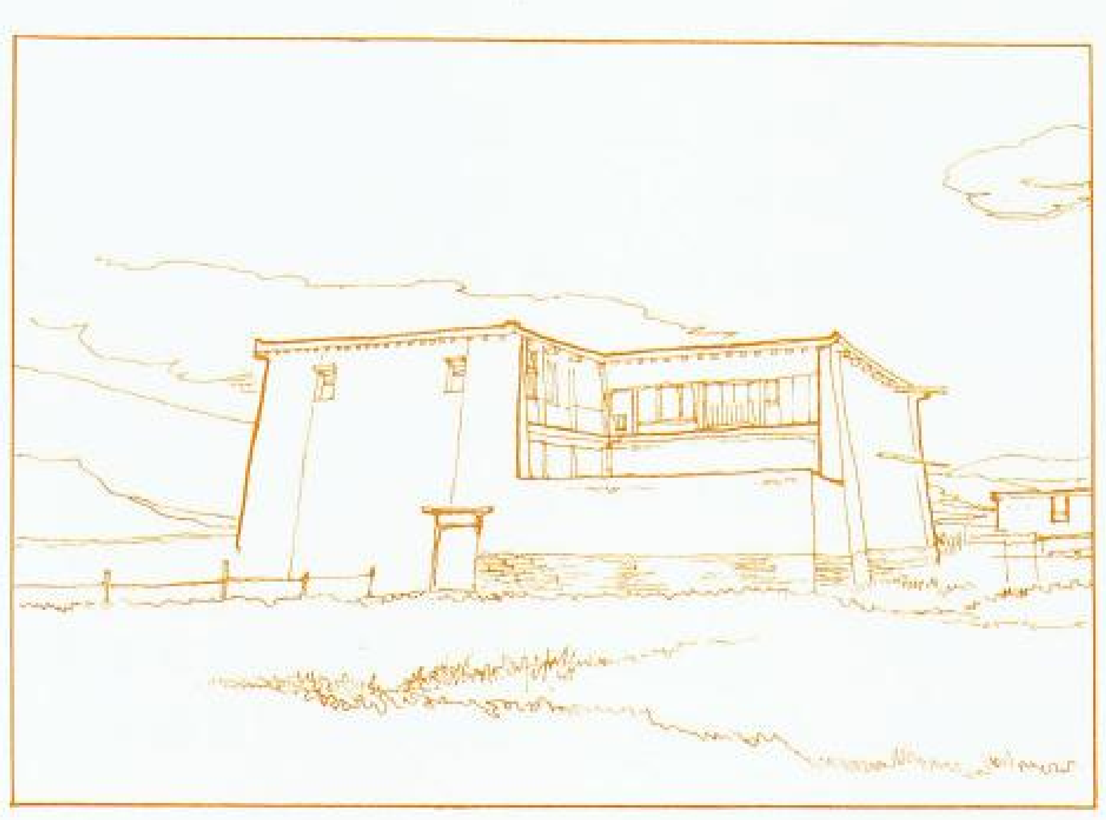


图11-1-7 （1）四川阿坝土筑碉房住宅

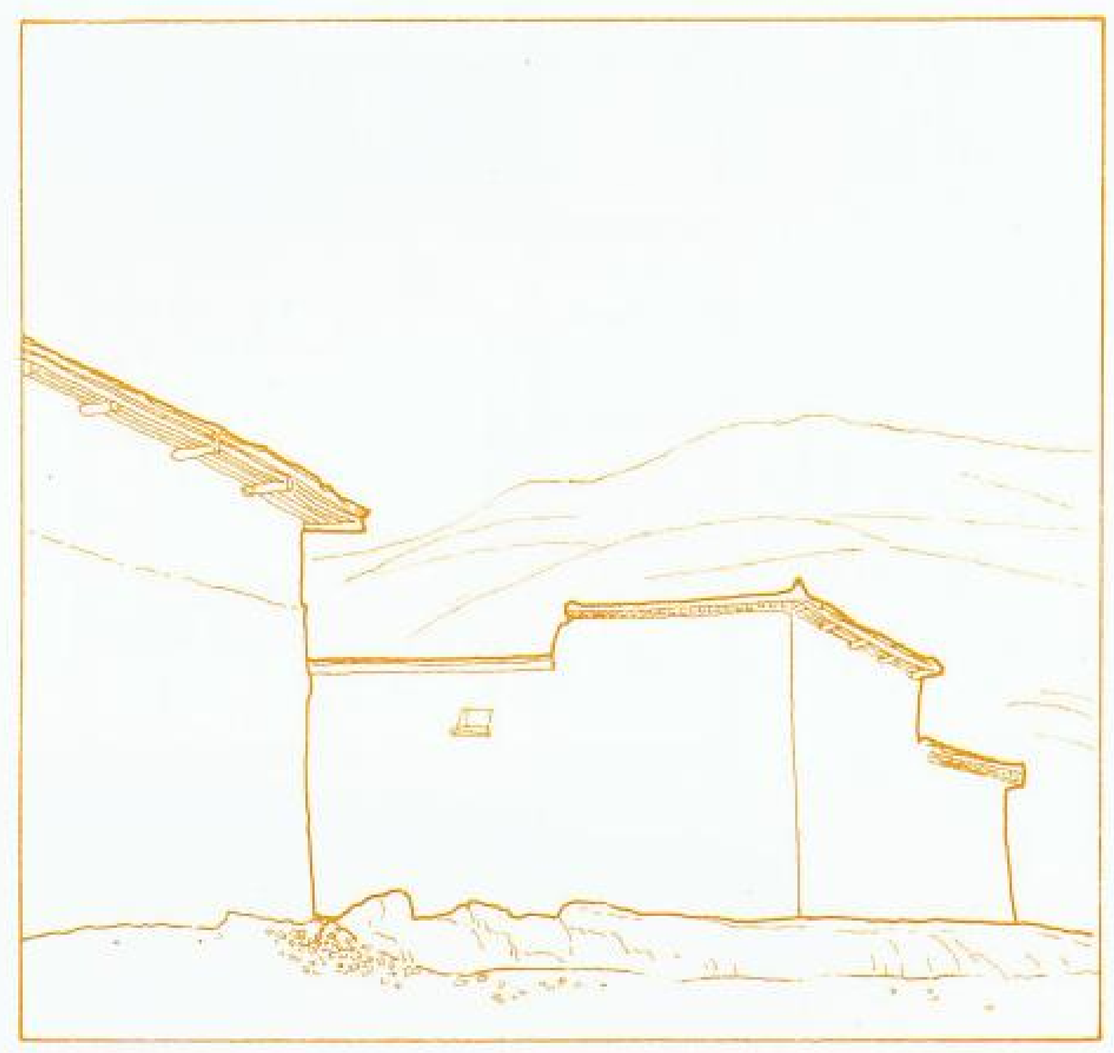


图11-1-7 （2）四川甘孜地区土筑碉房住宅

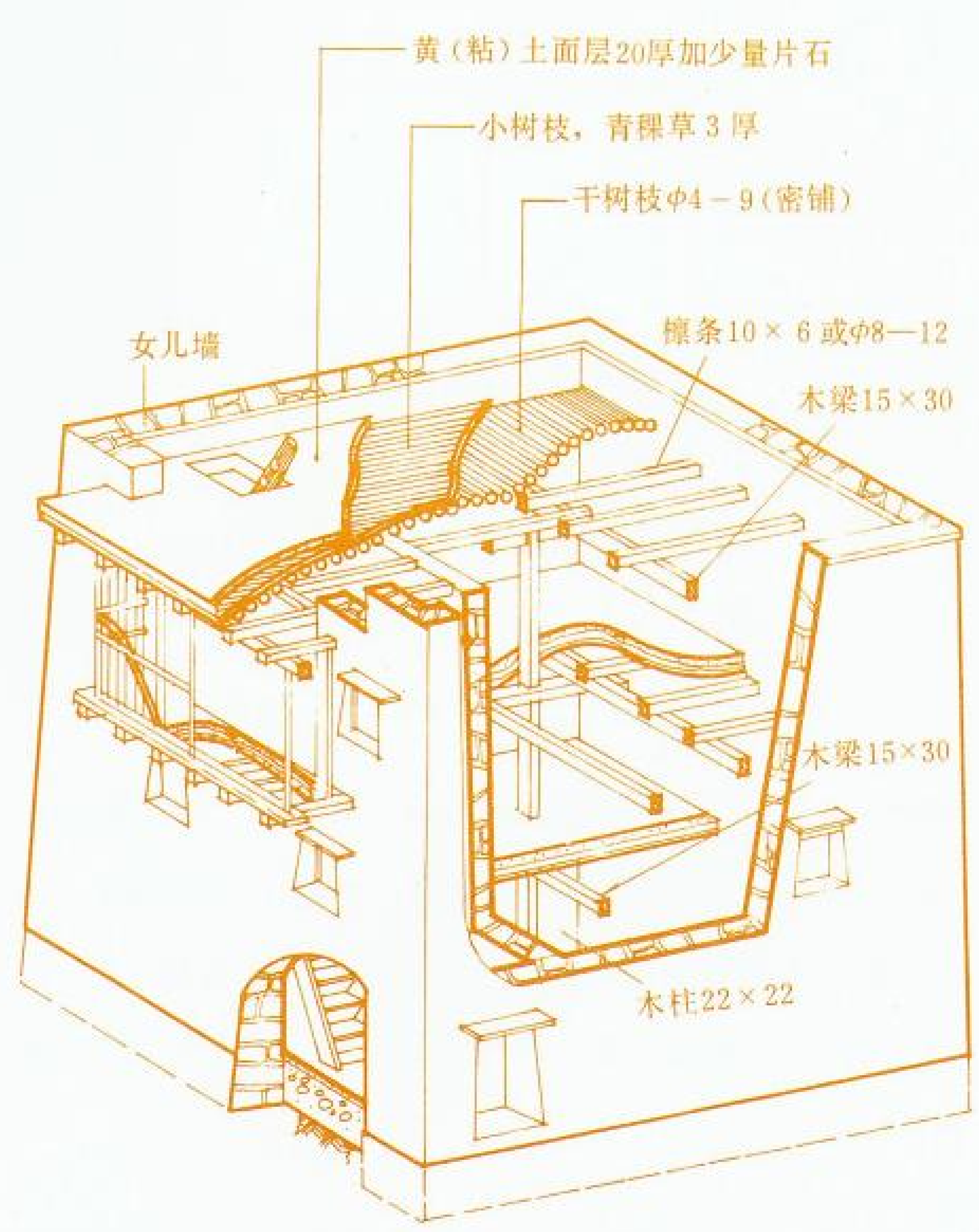


图11-1-7 （3）四川黑水地区典型碉房住宅透视图（单位：厘米）

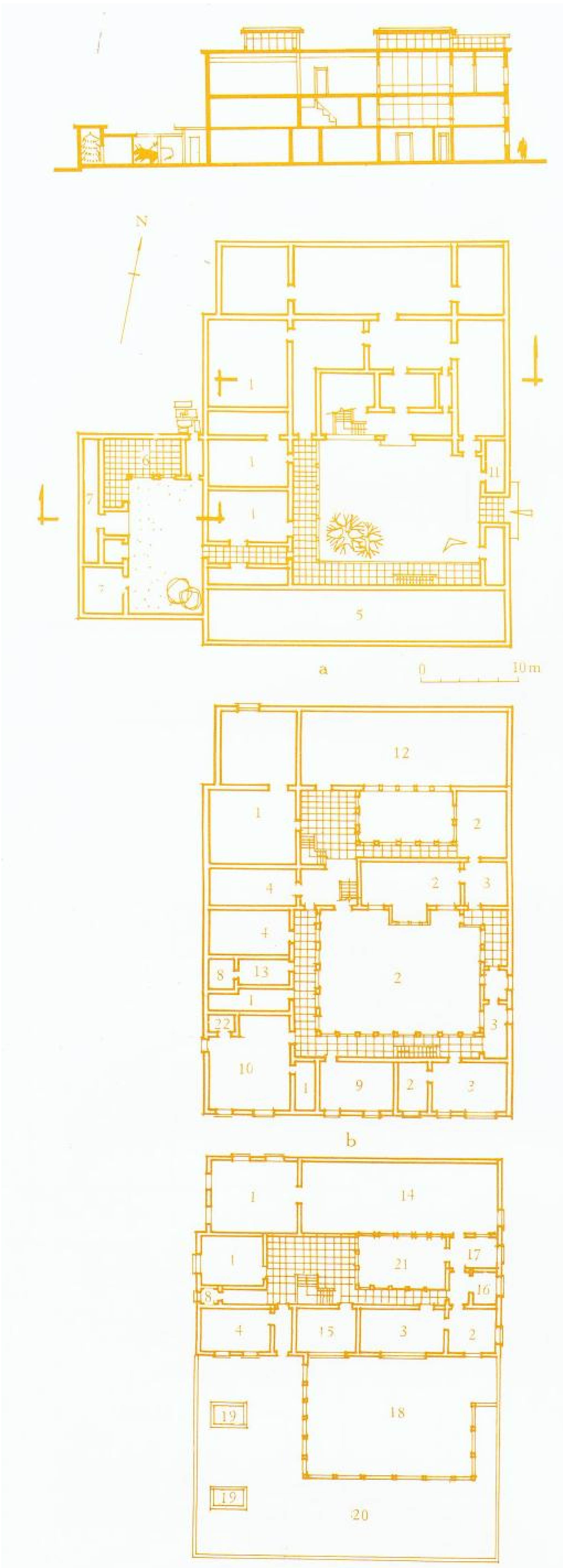


图11-1-7 （4）拉萨喇嘛住宅

a. 底层平面；b. 二层平面；c. 三层平面

1.储藏室；2.卧室；3.起居；4.客房；5.民房；6.牲畜场；7.草料 8.厕所；9.仓库；10.厨房；11.佣；12.经堂；13.过道；14.拜佛堂；15.管家；16.洗脸；17.备餐；18.外天井；19.采光天楼；20.平屋顶；21.小天井；22.燃料



图11-1-7 （5）拉萨喇嘛住宅之内院

(二)碉　　房

在藏族定居的城市和以农业为主、农牧业并举的广大藏族地区中，由于传统的生产方式和自然条件，逐渐形成今天藏族独特的碉房建筑。碉房，氐羌《后汉书·西南夷列传》说："冉駹夷者，武帝所开，元鼎六年以为汶山郡……其邑众皆依山居止，累石为室，高者至十余丈，为邛笼"。唐李贤注："今彼土夷人呼为雕也"，成称碉，《隋书·附国传》有其记载。附国即汉之西南夷，相当今天的甘孜之西，昌都之东的巴塘一带藏族地区。

据此，可知藏族碉房自东汉以来已经形成。碉房大致可以分为平地和山地建筑两大类：

（1）平地建筑：平地建筑多见于城市或城郊农区、平坦河谷平原等地，以西藏的拉萨、江孜、日喀则、昌都、甘肃甘南等城镇，青海、云南、四川藏族农区村镇民居为代表。一般有独立式、毗连式或混合式，外形方正厚重，向上倾斜，实墙多，窗少。内部有天井或院子、阴廊。层高矮。并有平房和楼房两种（图11-1-7）。

（2）山地建筑：山地碉房建筑多见于藏族山区，特别多见于四川的甘孜、阿坝，甘肃的陇南山地，其中西藏、甘肃和青海寺院建筑群的喇嘛住宅亦有不少属这种类型。由于地形的限制，常运用分层、附岩、掉层、悬挑的办法扩大建筑空间，增加使用面积（如主居室、经堂或厕所等），使建筑体型丰富多变（图11-1-8）。藏族山地碉房特点是外形成阶梯形（图11-1-9），一般2—3层局部四层，底层为牲畜圈及贮藏草料的地方，楼层为卧室、灶房之用，小间作贮藏室或楼梯间。大间是藏族人民生活的中心，当中设坑灶（火塘）。三层或四层多为经堂，面东或南，并与晒廊、平台相连。山区的平屋面是藏族劳动人民晾晒谷物的地方。

高层碉楼（高碉）是藏族历史悠久而独特的砌筑技术的典型。在四川西部高原藏族广大地区过去有"无城而多碉"之说。如阿坝地区的马尔康、黑水、大小金川、汶水等地，甘孜地区的康定、丹巴至岷江上游一带，西藏的林芝一带尚遗存大量的石碉楼，土碉楼，有单体碉楼和附属于建筑四角的碉楼，还有成组成群修建的碉楼。这是藏族碉房的古老形制之一。西藏拉萨的布达拉宫、山南的永木拉康、日喀则的宗山宗政府和古格王国的城堡建筑等都是这种碉楼技术进一步发展的结果。

一般碉楼高5—6层或7—8层，最高达11—12层，从十几米至30—40米不等（图11-1-10），棱角突出、整齐，墙面有显著的收分。阿坝、黑水的佳山寨旁的碉楼，建于明代万历年间距今四百余年，虽经历几次大地震至今完整。底面积是5×5米，正方形，基部墙厚80厘米，内平外向上倾斜收分成80°倾角，共分十层，全高33.08米，顶部为4×4米，每层有狭小的长方形箭孔，约30×50厘米。主要外墙全部用石块、黄土砌筑。每层施木板分隔，以独木梯盘旋升降，北面有大窗作为碉楼入口，用梯进碉后，将梯抽入碉内。碉一般多为四角，最坚者为八角（图11-1-11)。

三 寺　　院（邛巴）

(一)佛教寺院建筑概况

西藏的佛教是约从唐初由内地和印度同时传入西藏的。到了西藏以后，加上了本民族"黑教"[1)]的成份，形成了西藏佛教，也就是通称的"喇嘛教"。唐代汉族建筑技术传入西藏，与原有的碉房建筑相融合，并且得到了丰富和发展，形成独特的喇嘛教建筑艺术，据藏族文献记载：七世纪在拉萨兴建大昭寺、小昭寺，八世纪在山南修建桑鸢寺。这些寺院建筑虽然几经毁坏、修复，

1）黑教——亦称"钵教"，是藏族地区的一种原始巫教——"本波"，它是西藏最古老的宗教，是崇拜自然物的原始宗教，巫术的成份很大。

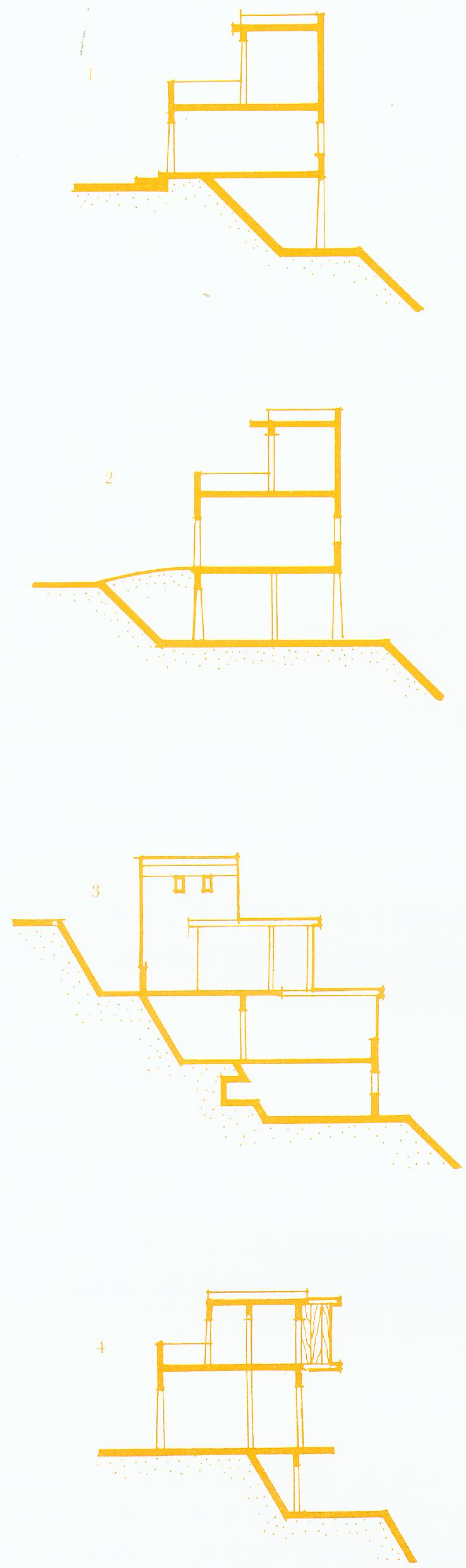


图11-1-8 藏族建筑山地碉房特点（剖面示意）
1.掉层（如四川、松岗、黑水一带）；2.分层（如四川、松岗一带）；3.附岩（如四川、金川一带）；4.悬挑（如四川、马尔康、黑水一带）

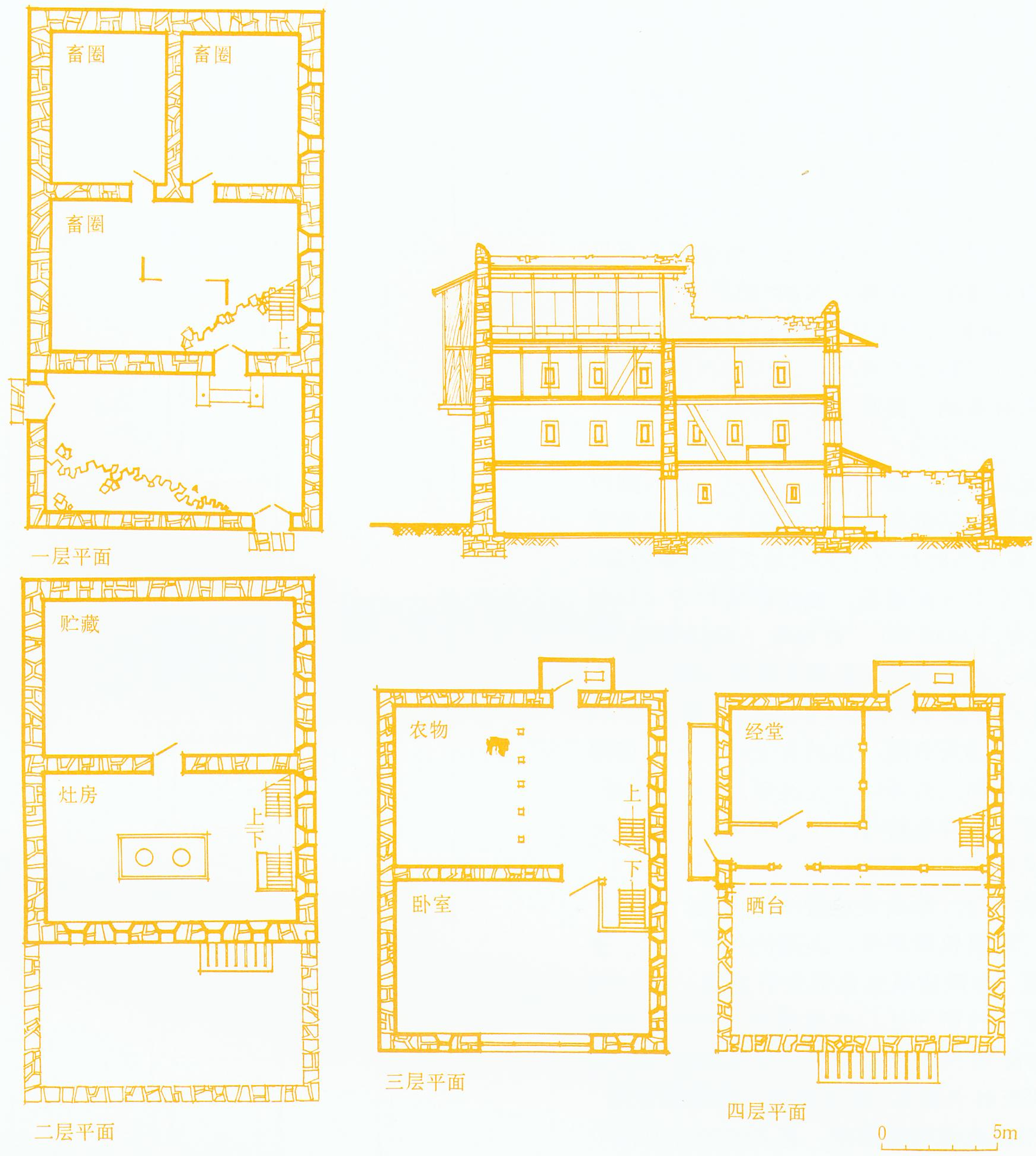


图11-1-9 （2）四川阿坝俄尔雅寨碉房住宅平面、剖面图

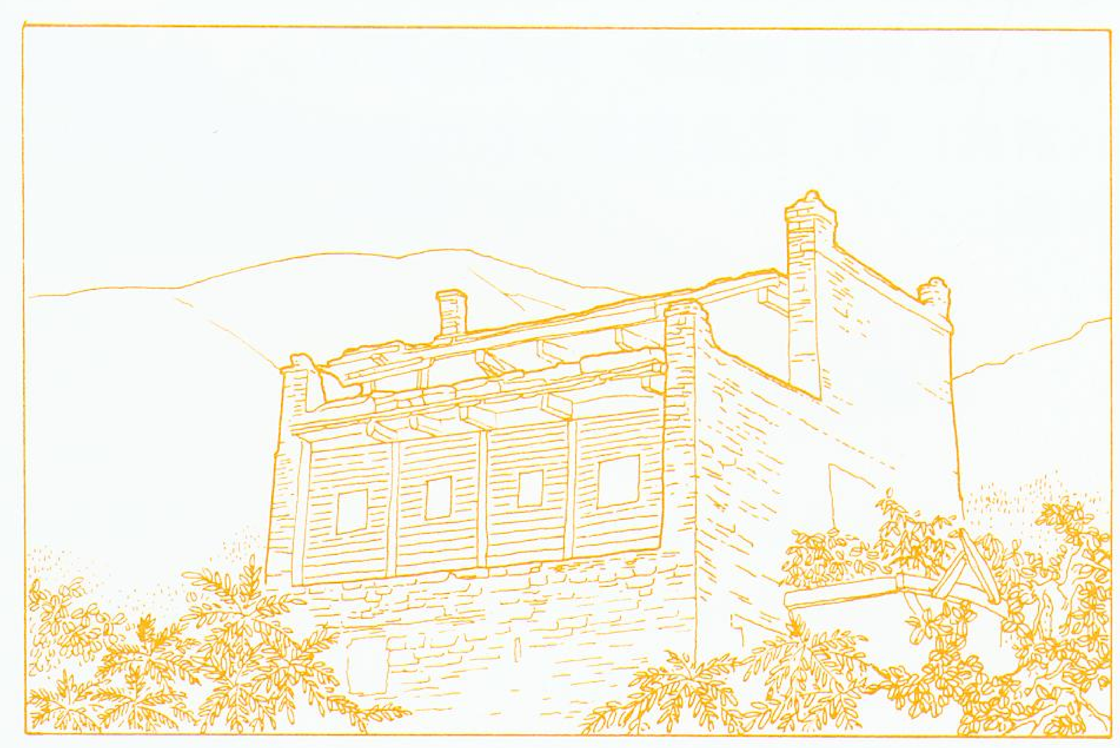


图11-1-9 （3）四川阿坝阿斯卓碉房住宅外观



图11-1-9 （1）四川阿坝俄尔雅寨碉房住宅外观

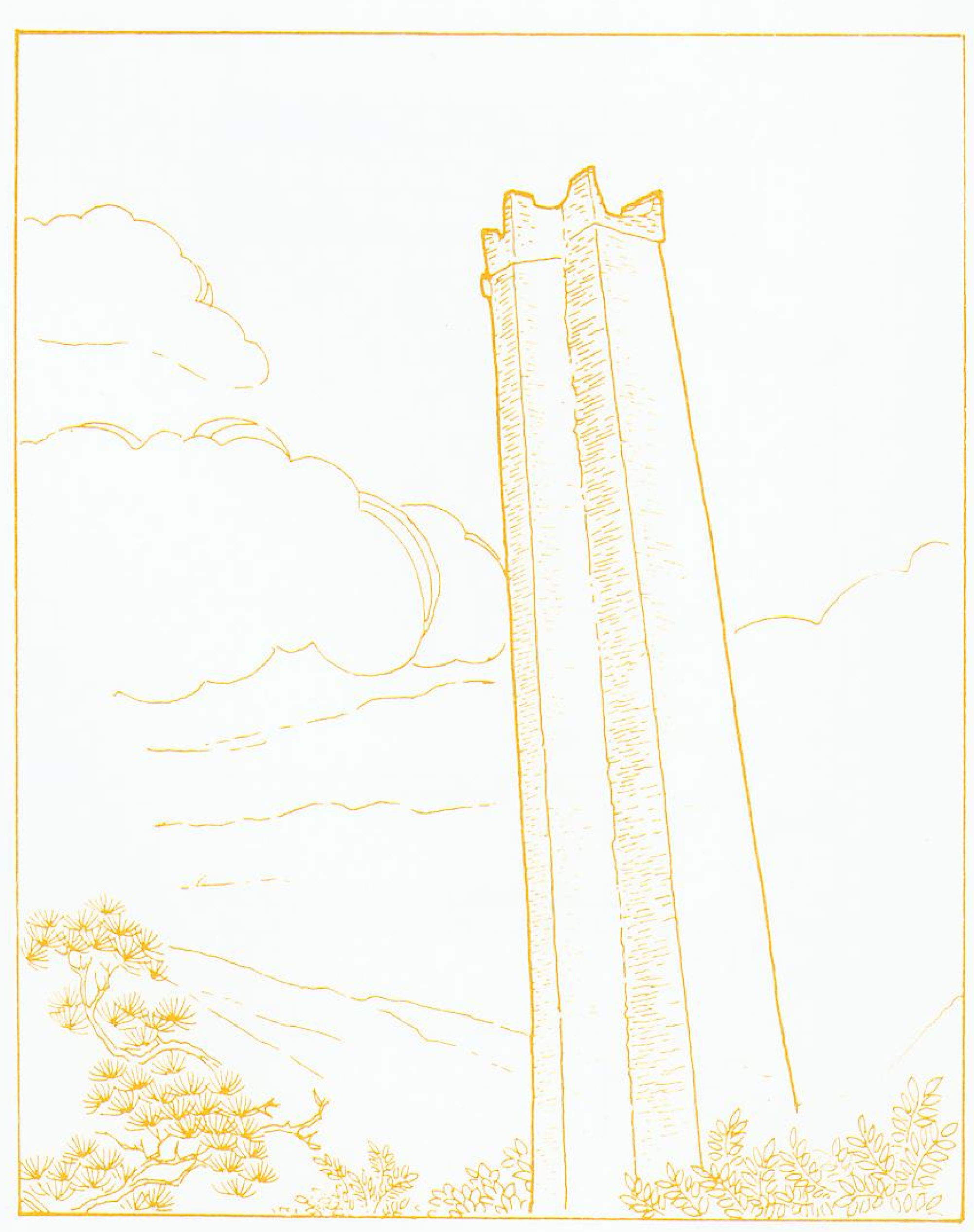


图11-1-10 （1）黑水石筑碉楼



图11-1-10 （2）阿坝土筑碉楼

但仍可以说明这一个时期藏族建筑技术达到的高度水平。

九世纪至十世纪（相当于北宋），西藏进入封建农奴社会，由于教派之争[1]，社会处于分裂局面，生产力受到破坏，这期间仅建有日喀则的拉孜寺（1079年）、拉当寺、哲公寺等寺院。

到十三世纪中叶，元世祖忽必烈曾两次召见西藏喇嘛教萨迦派（花教）领袖“帕思巴”，并封以西藏“大元帝师”、“大宝法王”的封号，同时也成为“政教合一”制度的开始，元代的西藏寺院建筑不仅在原有基础上提高了一步而且得到新的发展。

到了元末明初，黄教始祖宗喀巴由青海到西藏萨迦寺并提倡宗教改革，创建新教——格鲁派（黄教），成为当时社会上势力最大的喇嘛教派；先后建立了不少寺院建筑，如拉萨噶丹寺（1401年）、色拉寺（1419年）、哲蚌寺（1416年），江孜的白居寺（1439年）、班根曲得塔（图11-1-12）、扎什伦布寺（1447年），昌都的昌都寺（1444年）等等。这些大寺院，包括有宏伟华丽的宫殿不下六十余座和二百座以上大经堂，大量的壁画、精美的雕塑，以及各种鎏金工艺美术品，是今天研究藏族佛教艺术的宝库。

清朝顺治时，第五世达赖统一西藏，建立了“政教合一”的集权制度，西藏的生产力进一步发展和恢复，寺院建筑也有很大的发展。如1645年重建、扩建拉萨布达拉宫建筑群（历时五十年之久），培修唐代大、小昭寺，扩建明代三大寺等，并建罗布林卡新宫、药王庙等。此外在青海、甘肃、四川各地也有所修建，著名的如青海湟中的塔尔寺（1378—1560年），甘肃夏河的拉卜楞寺（1708—1900年），四川理塘的理塘寺（1578年）、道孚的灵雀寺、阿坝的刷经寺、格尔登寺（清代）等，这是藏族佛教建筑技术发展的全盛时期。

(二)寺院建筑的特征

西藏喇嘛教在藏族社会生活中发生了巨大的影响，主要由于有完整的组织系统和强有力的经济基础，加上西藏的政教合一制度；因此寺院建筑不仅是西藏宗教的活动中心，而且是政权和财富聚集之地。寺院建筑是当时西藏社会中最重要的建筑类型；集中了大量人力、物力、财力来进行修建，往往长达数十年之久。寺院垄断了藏族劳动人民长期工程技术和文化艺术的成果，如雕塑、绘画、刺绣、金属工艺、木工、石工、泥工等，构成综合的建筑艺术来为宗教服务。

平面布局：寺院和殿堂建筑，从现存实物分析，在七世纪已基本定型。个体寺院基本上吸取内地汉族佛寺的布局形式，具有院落式的特点，但没有明显的中轴线。它是以主要建筑“错钦”（大殿）为中心，结合寺院的行政组织“康村”、“扎仑”、“杜康”[2]而形成一组组建筑，遍布山麓，沿等高线层层向上修建，将处于高处的主体建筑殿堂等衬托出来，使建筑群统一而又富于节奏感。如拉萨的布达拉宫、噶丹寺，日喀则的扎什伦布寺，四川的甘孜寺等。在平地上大致由中心向四周自由发展，以成组低矮的建筑群作衬托，以高大的体量和富丽的色彩装饰，突出主体建筑。如山南的桑鸢寺，拉孜的萨迦南寺，拉萨的大昭寺等等。

一般寺院建筑，根据宗教的要求，大致由下列几种类型组成：供佛像的佛寺，供喇嘛研究佛学，讲解佛理的经坛，供教民转经的“嘛尼噶拉廊”（转经廊），活佛的“镶谦”，喇嘛住宅以及宗教象征的喇嘛塔。

典型寺院平面为正方形或长方形平面的四合院。一般在大门口处立有高耸的经旗一对作为标志，门廊常用五或七开间低矮的柱廊，入口多设回廊式院落，中间为集会诵经场所。主体建筑大殿常后退形成广庭，以前廊作为过渡部分。大殿有明显的中轴线。前庭是长方形经堂，为喇嘛聚集念经之处；中部和后部是供佛像及历代活佛灵塔和神龛的“佛殿”；亦有围绕大殿设一圈“嘛尼噶拉”廊。此外分别在左右、后侧自由配置各种建筑，如配殿、学院、喇嘛住宅等，形成一组建筑群。

(三)典型实例

（1）大昭寺：位于拉萨八角街上，是藏族佛教中心之一。相传建于唐贞观15年（641年），为藏王松赞干布时代，由文成公主带来的工匠设计并主持修建的，于657年建成，后经历代修缮。

大昭寺座在朝西，建筑平面基本上为四合院式的布局，以二层正方形大殿为中心。寺院入口是四柱式向外出挑五开间建筑。现在的寺门、大殿的三、四层殿房和金殿以及周围的建筑，如原西藏地方噶厦政府办公室、法院、钦差大臣办公室和“资康”（学院）、达赖喇嘛的经房等，则是元、明、清各代陆续增建，共占地约2万平方米。

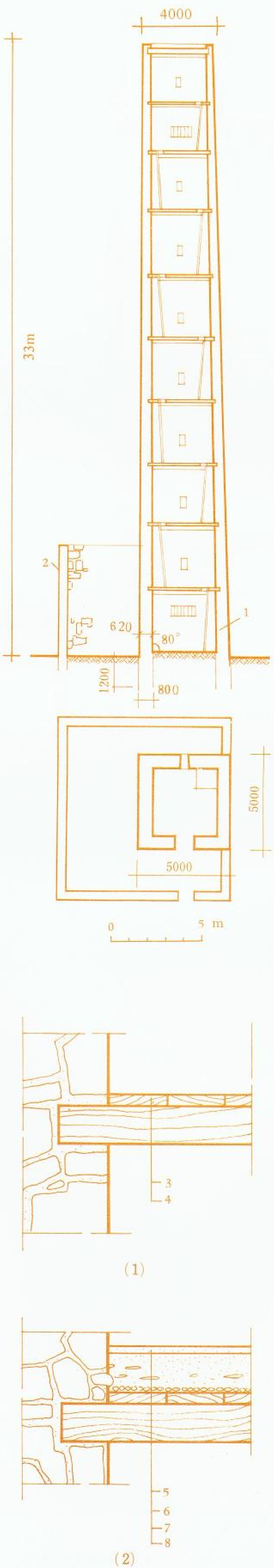


图11-1-11　四川川西佳山寨山地石筑高碉房示意图（单位：毫米）
（1）楼面构造；（2）屋面构造
1.独木梯；2.石砌围墙；3.30厚毛木板；4.⌀120—150圆木密铺；5.鸡屎黄土薄层；6.250—300厚黄土夯实（填片面小树枝）；7.30厚毛木板（或石板）；8.⌀120—150圆木密铺

1）教派之争，是指当时西藏新、旧教派和各派系之争，当时西藏有旧教宁玛派（红教）和新教中的萨迦派（花教）、噶举派（白教）和噶当派，后来的格鲁派（黄教）还有最原始的本波（黑教）。

2）“康村”，是最基层的一级，建筑上相当于一个大殿（错钦）的形式，规模较小，可容纳几十上百人。“扎仑”是较高一级的行政组织，由若干康村组成。包括一个错钦（大殿），经堂和若干喇嘛住宅、“镶谦”（活佛办公、住宅）等组成，可容纳几百人。“杜康”亦称“拉吉”是最高一级全寺性组织，规模最大，是由若干个“扎仑”组成，同时可容纳几百至几千人在此集体念经聚集之所。



图11-1-12　江孜班根曲得塔（八角塔）

四周除殿门外，有一圈“嘛尼噶拉”廊。从大门至大殿之间有宽阔的庭院和讲经敞廊，两旁环有壁画廊，高约3米，长达600米遍绘宗教色彩的壁画。这组主体建筑有明显的中轴线，是最古老的平面布局（图11-1-13）。后期在大殿的前、后、左、右陆续扩建有狭长毗连的四合院，平面多不规则，无一定的轴线。经堂内部空间是直通顶层，利用升高的高侧天窗和高差的空隙采光、通风。微弱的光线，投在色彩绚丽的天花上，加上密密排列镶以彩色绒毡的方形柱子和大量绸缎的经幡，显示出经堂神秘、森严而华丽的气氛。室内的藻井和内部装修多用彩画，题材多为西蕃莲等图案。色彩丰富，喜欢采用朱红、群青、紫色等原色（图11-1-14）。整座寺院建筑群，楼高四层，上有金殿四座，皆是铜质镏金顶，宏敞壮丽。寺院上、下两部分。下部（底层）用花岗石砌墙，下大上小，外墙最厚达2米左右；底层多作仓库，为解决仓库通风，设有狭形箭窗。二层以上设小窗，窗口饰有上小下大梯形的黑色窗框。门窗洞口上方有重叠的小椽木二、三排，挑出小雨篷，起遮阳、挡水和装饰作用。洞口施冷色（粉蓝、粉紫、粉绿等色）彩画。入口左侧和重点处（大经堂）最顶层设有外挑角窗。在檐墙上部，有一圈梢树枝做成的横带，用深紫、赭色涂刷；在这横带中间镶嵌有铜质镀金的浮雕装饰物，收到强烈的对比效果。大殿的殿门、门框、廊柱、梁架、额枋等处雕刻有生动细致的几何图案装饰(图11-1-15)。大殿的中心部分底层和北廊柱头石雕中尚有古代飞仙浮雕，在下檐和重檐间有泥质半圆雕伏兽作为承檐构件，风格极为特殊。寺院内绝大部分木柱断面为亚字形，柱身有收分，上小下大，无柱础。柱头上有托木、斗栱(图11-1-16)，明显地看出受汉式早期斗栱、替木的影响；并绘有色彩丰富的动植物彩画、浮雕人物及天鹅、大象等飞禽走兽，形体古朴，刀法简练（图11-1-17）。屋顶上部冠以重檐歇山式金顶；金顶上的瓦当、脊瓦、屋面及檐部饰物雕镂有宗教题材的人物和动、植物图案，造型优美，栩栩如生（图11-1-18），金顶下的结构为多层斗栱，其下有

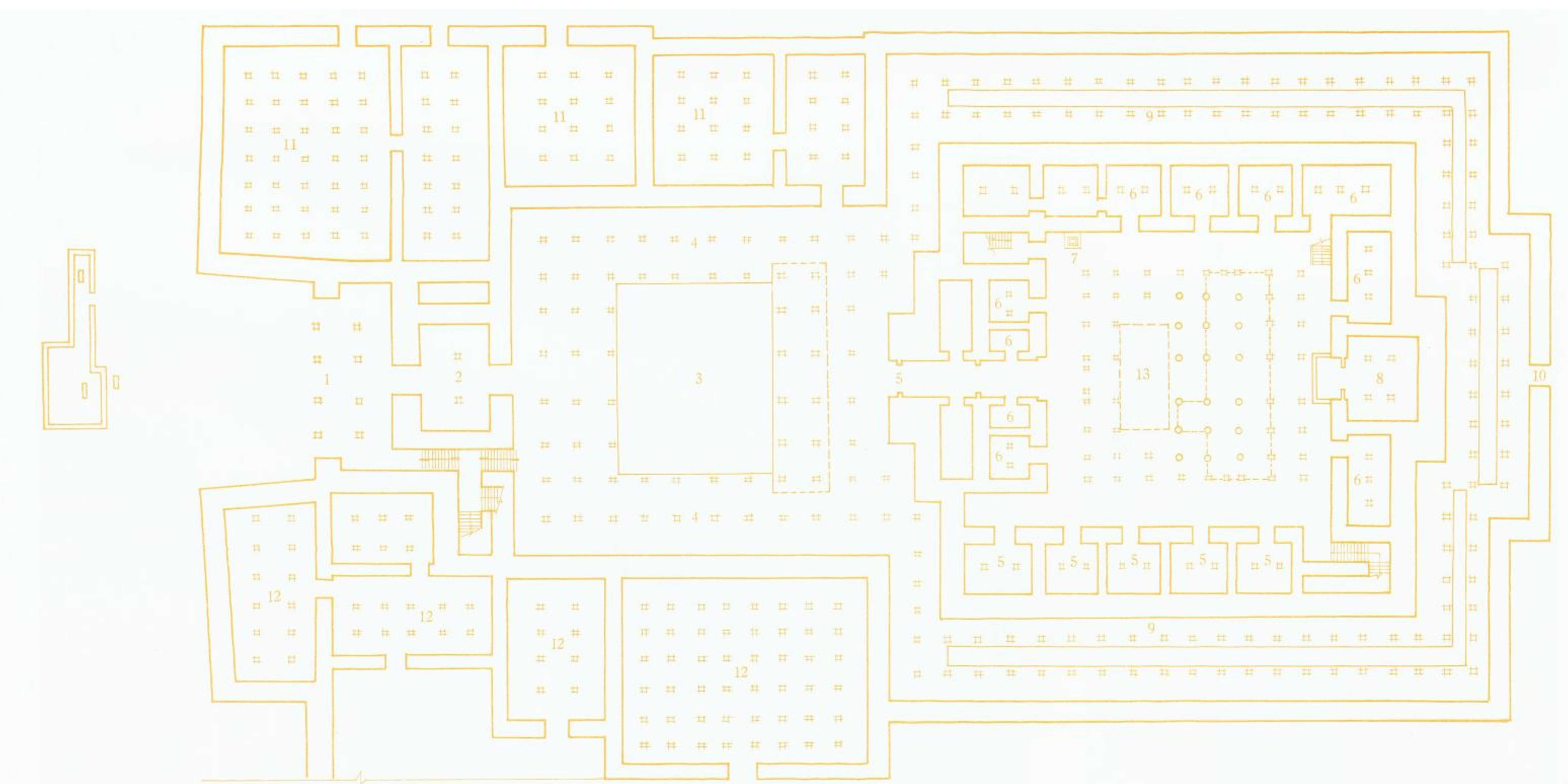


图11-1-13　拉萨大昭寺平面图

1.入口大门廊柱；2.四大金刚；3.大院；4.壁画廊；5.主殿入口；6.佛堂；7.白塔；8.释迦牟尼殿堂；9.经廊；10.后大门；11.底层仓库；12.办公生活用房；13.殿堂

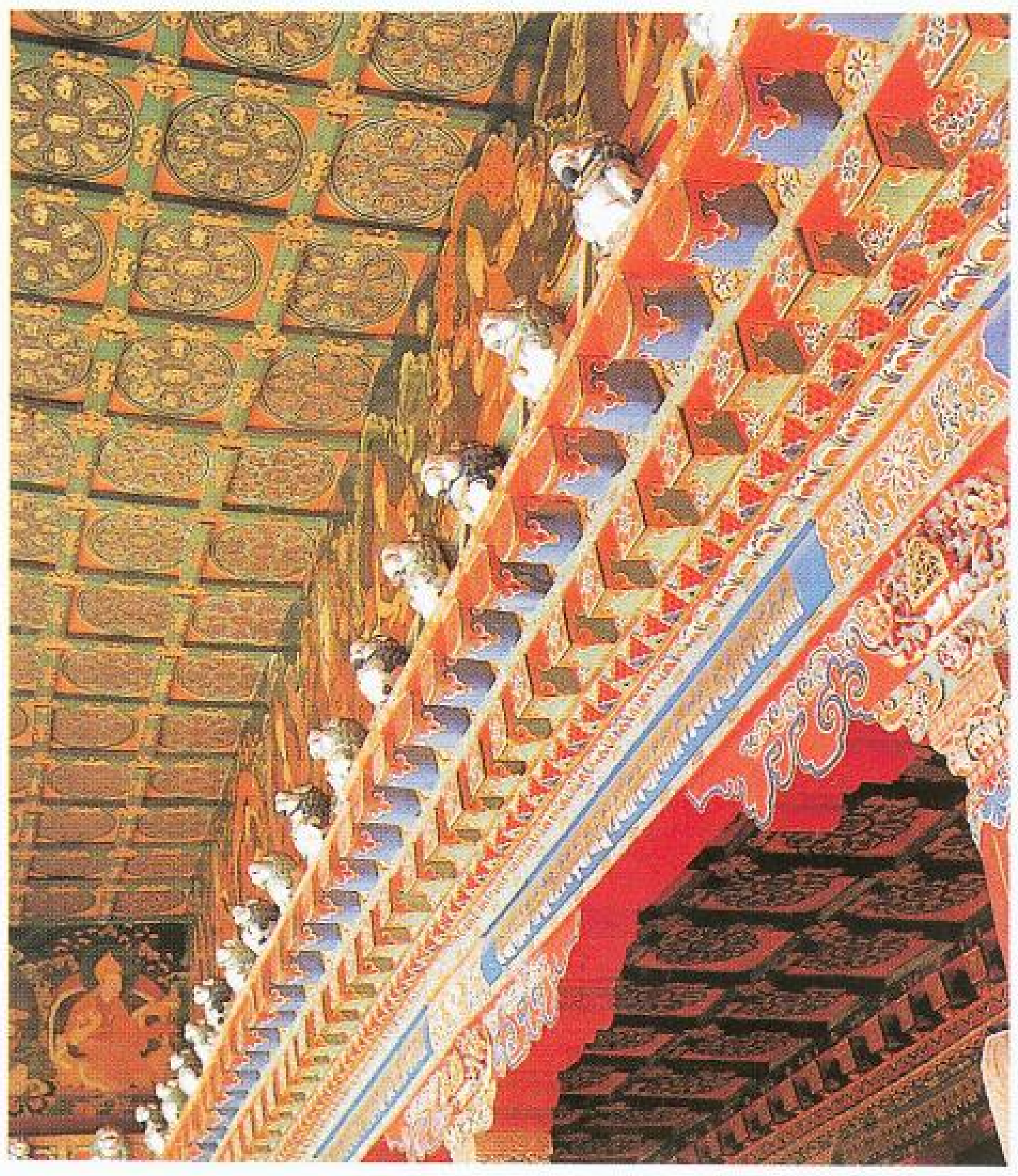


图11-1-14 （1）拉萨大昭寺天花仰视



图11-1-16 （1）拉萨大昭寺释迦牟尼殿的斗栱

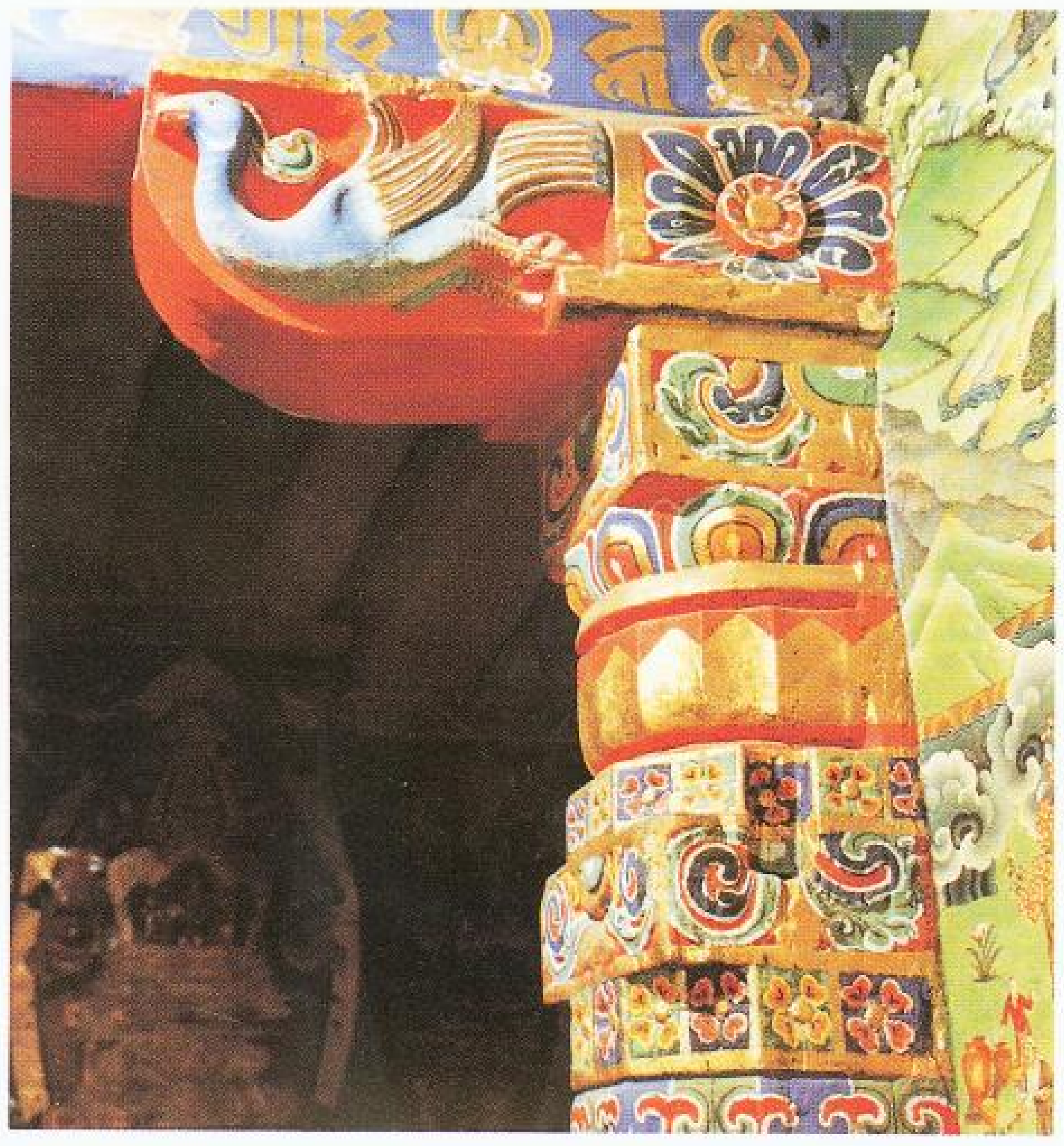


图11-1-17 拉萨大昭寺柱上雕饰



图11-1-14 （2）拉萨大昭寺藻井仰视



图11-1-16 （2）拉萨大昭寺松赞干布文成公主殿的斗栱

梁枋，人字叉手及阑额，斗栱中尚有栌斗直接座落在阑额上，也是古老的形式。在平屋转角处和大门上部，有一种狮首座兽（图11-1-19）和带翼的仙人走兽（图11-1-20），它吸收了尼泊尔、印度古代建筑艺术造型和雕塑的特征。在金顶屋脊上还有宝盘、宝珠金盘、倒幢、莲座、卧鹿、法轮、金幡等装饰（图11-1-21），这些宗教性的装饰在尼泊尔、印度庙宇中是常见的，从这里我们可以看到中外文化交流的史实。

（2）萨迦寺：在日喀则之西南170余公里，萨迦寺分南北两寺。萨迦南寺——始建于1268年，建筑在萨迦河南岸的小平原上，整体建筑布置紧凑，总平面近似正平形，内城面积约2万8千多平方米，有主轴线。寺院建筑为平地碉房建

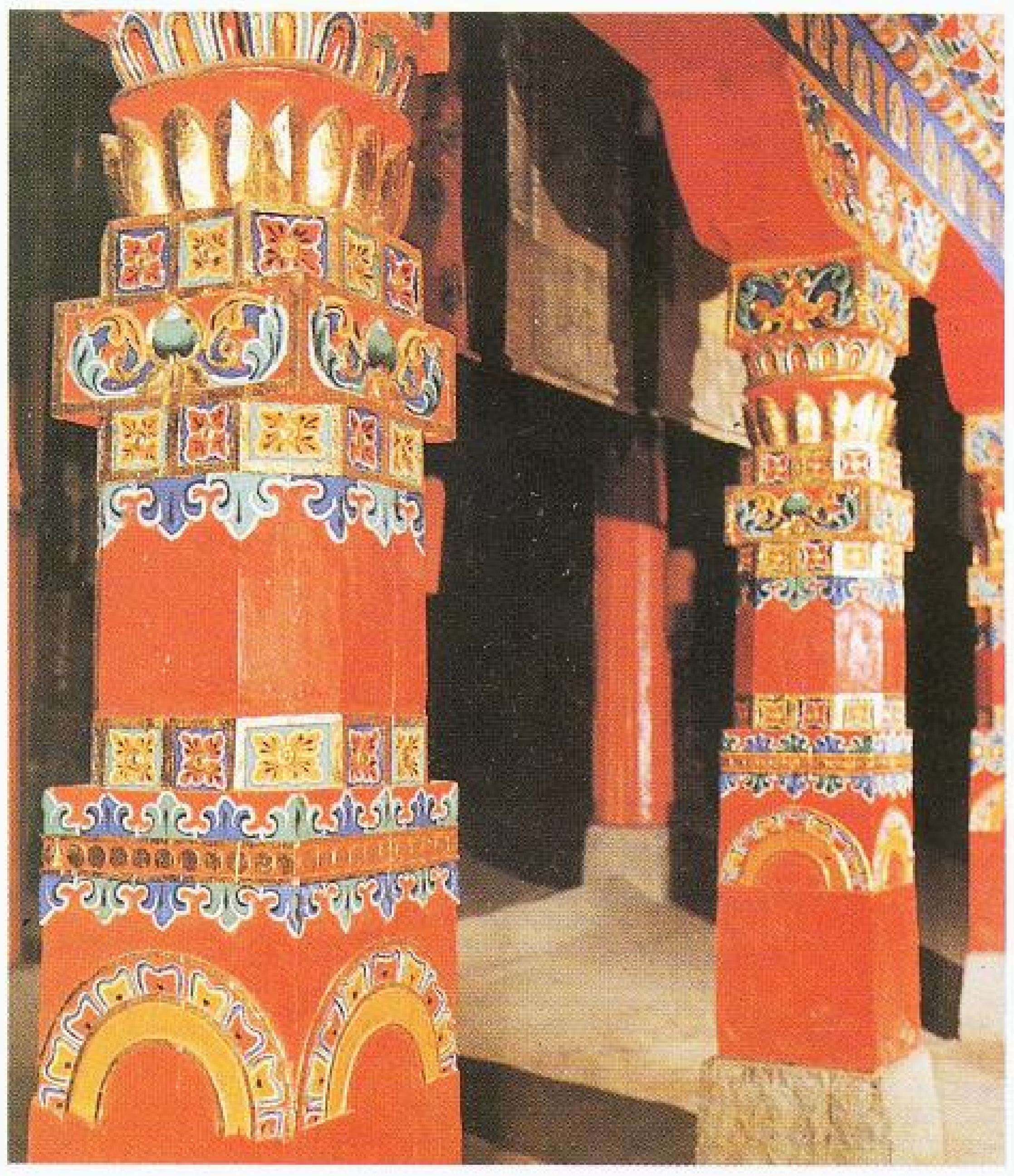


图11-1-15 拉萨大昭寺廊柱装饰

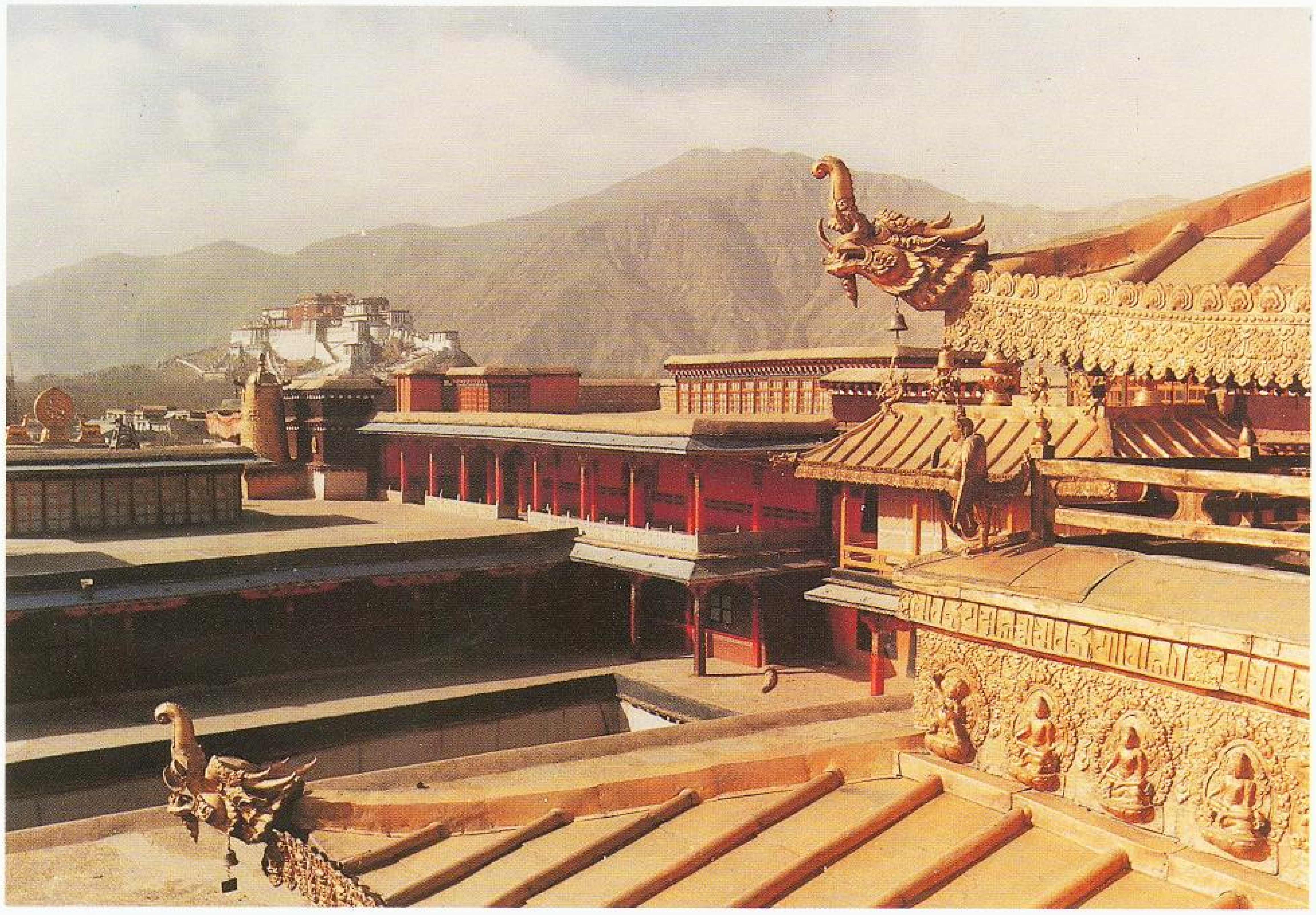


图11-1-18 拉萨大昭寺金顶一隅



图11-1-19　拉萨大昭寺大门上部狮首座兽

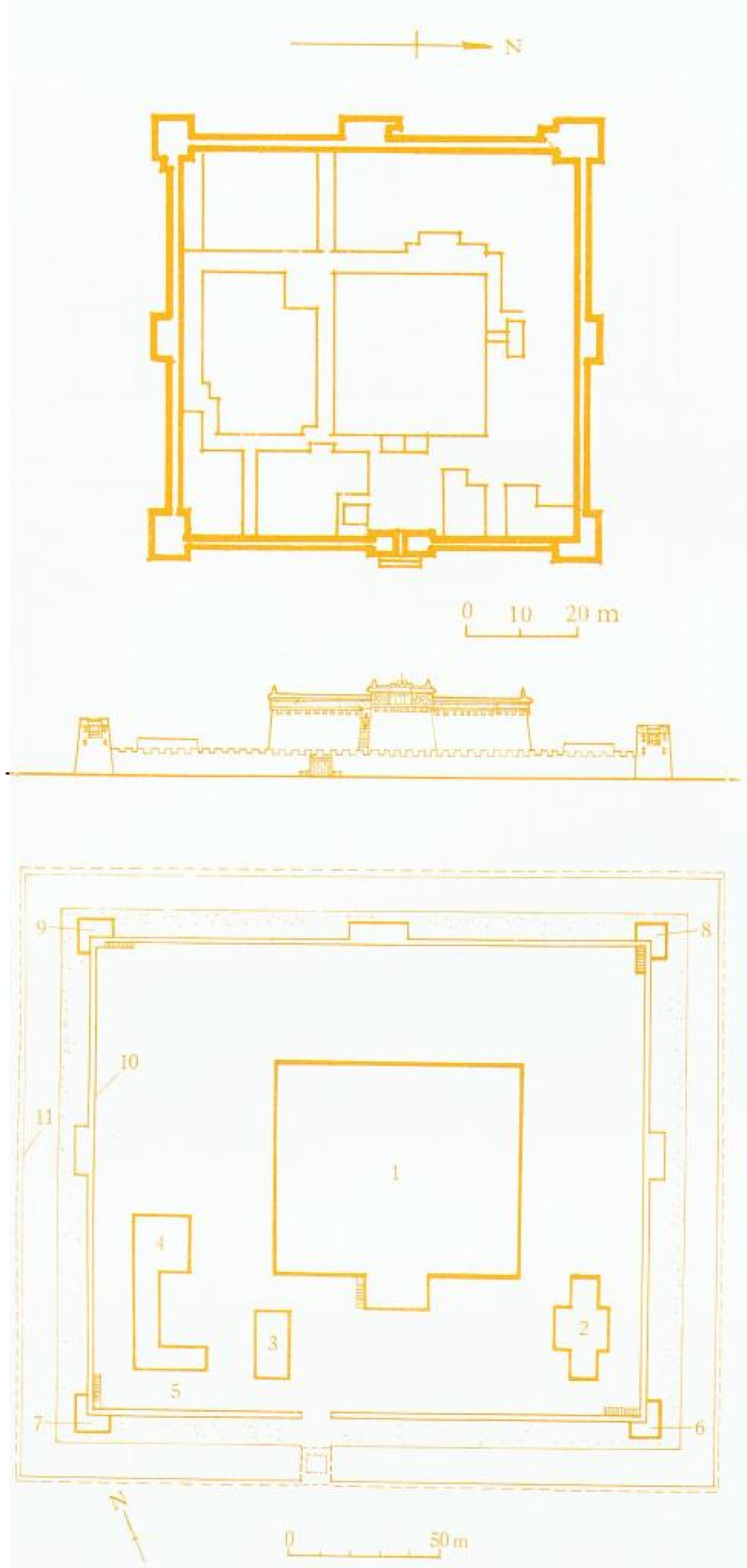


图11-1-22　日喀则萨迦南寺城堡平面示意图
1.大经堂；2.则千拉康（第一代法王政府机关）；3.喇嘛管家处；4.喇嘛宿舍；5.水井；6.碉楼（东北楼）；7.碉楼（南楼，接待蒙古贵族专用城堡）；8.碉楼（北楼）；9.碉楼（西楼）；10.城墙；11.城壕

筑，四周有坚固的城墙，城墙四角有碉楼八座，高有三——四层，均衡对称（图 11-1-22）。城堡城墙由汉式城墙垛口的形式演变为平台檐口。城堡有双层城墙，内外城墙间设有护城河及木桥，城门入口与大经堂联系在一块，设有闸门，利于守御。城内主要建筑是一座大经堂（“错钦切姆”），为整个城的中心。大殿前部是佛堂，后部及左、右两侧靠墙壁处全部是大书架，大经堂后边有长梯可直抵大殿顶层，顶层有围廊，内保存有早期的壁画（图 11-1-23），大经堂门外侧有萨迦法王的办公楼，右侧和后部是毗连的喇嘛住宅和街道。主体建筑（大经堂）突出于四周的城楼之上，外墙刷有黑、蓝、红色主调，并在深灰色中涂白色和红色，使色调对比强烈（图11-1-24）。

萨迦北寺——始建于 1079年（宋元丰二年）。主要建筑位于萨迦河北岸的山麓。它是一组重重叠叠的建筑群，布满山坡，高低错落，非常壮观。主要建筑有“乌则拉康”大殿，大殿的二层有配殿三间，称坛城殿，名“列郎”，是北寺保存最完整的元代建筑。大殿中有大型坛城三座，其中有二座年代较早，其中一座较多吸收了印度的风格。殿中梁枋间，尚绘有简单的彩画，它和建筑中的圆柱、梁架和斗栱结构都具有古朴、雄壮的风格（图 11-1-25）。此外，北寺还包括萨迦法王经室，八思巴灵堂等建筑群，寺周长约 2公里。

（3）扎什伦布寺：创建于 1447年（明正统十二年），是我国著名黄教六大寺之一，世界上最大的佛寺之一。它位于日喀则西面向阳的扎什伦布（意即吉祥须弥山）山坡上。建筑周长东西 1.7公里，上下半公里，四周有高大的城垣，建筑群依山而建，层层叠叠，高低错落，雄伟庄严（图11-1-26）。

这座寺院建筑包括著名的错晴大殿、罗赛林（显宗）、露子（显宗）、吉康（显宗）和阿巴扎仑（密宗），尚有四十个“康春”喇嘛的住房三千余间。另有大、小殿堂十余处，这些建筑群都是



图11-1-20　拉萨大昭寺平座转角的仙人走兽及鳌首



图11-1-21　拉萨大昭寺金鹿、法轮装饰

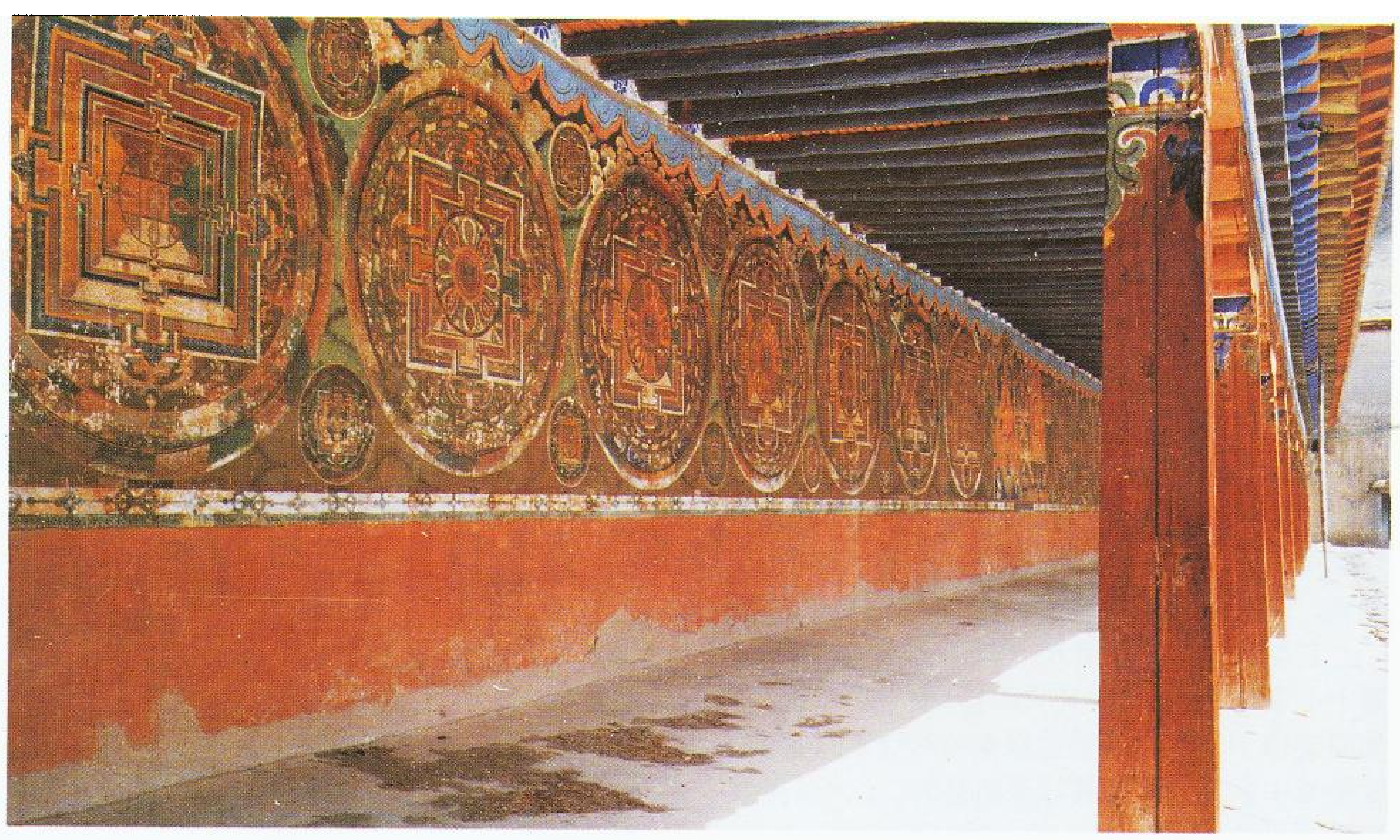


图11-1-23　日喀则萨迦南寺顶层回廊壁画

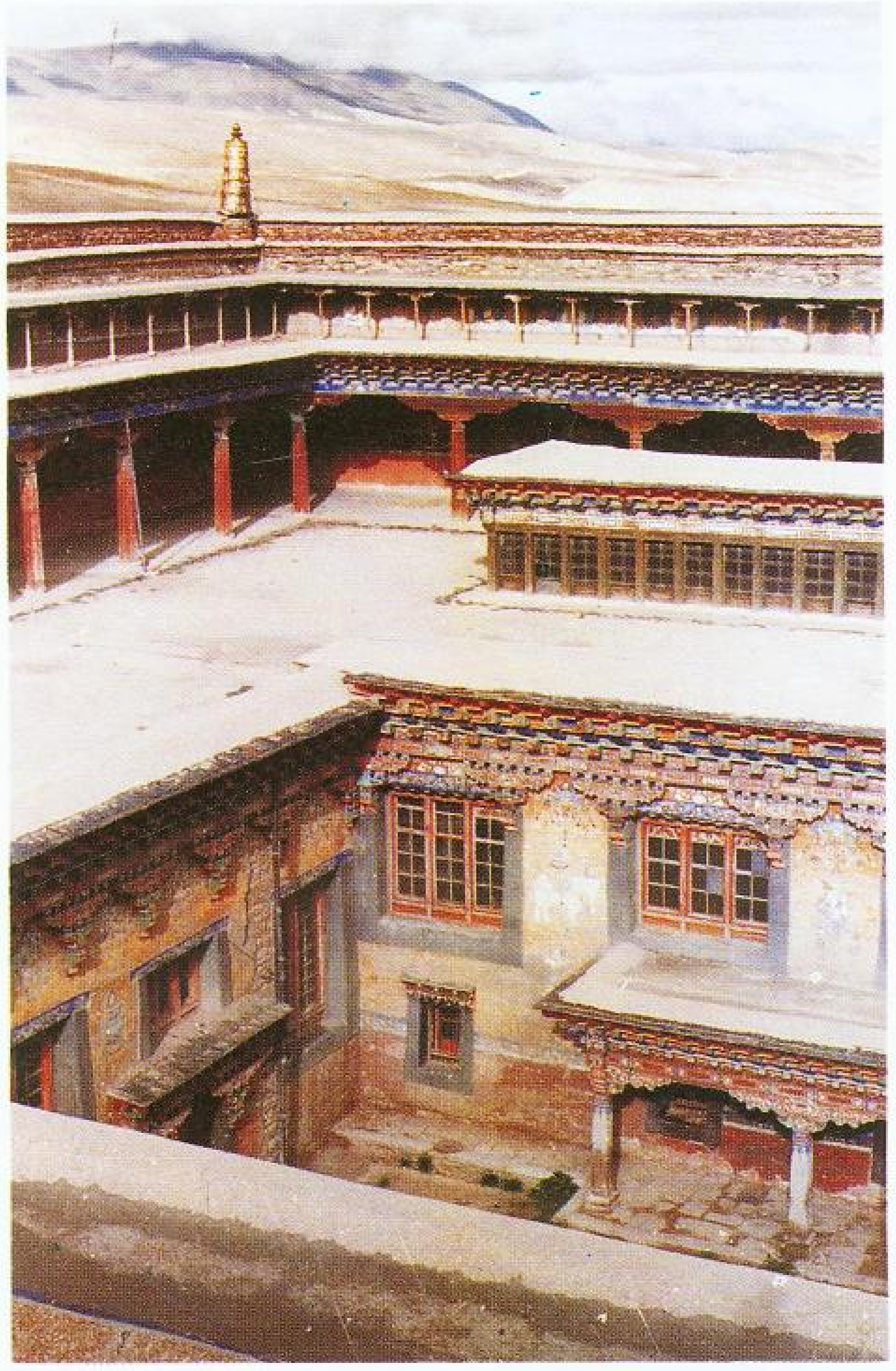


图11-1-24 （1）日喀则萨迦南寺一隅

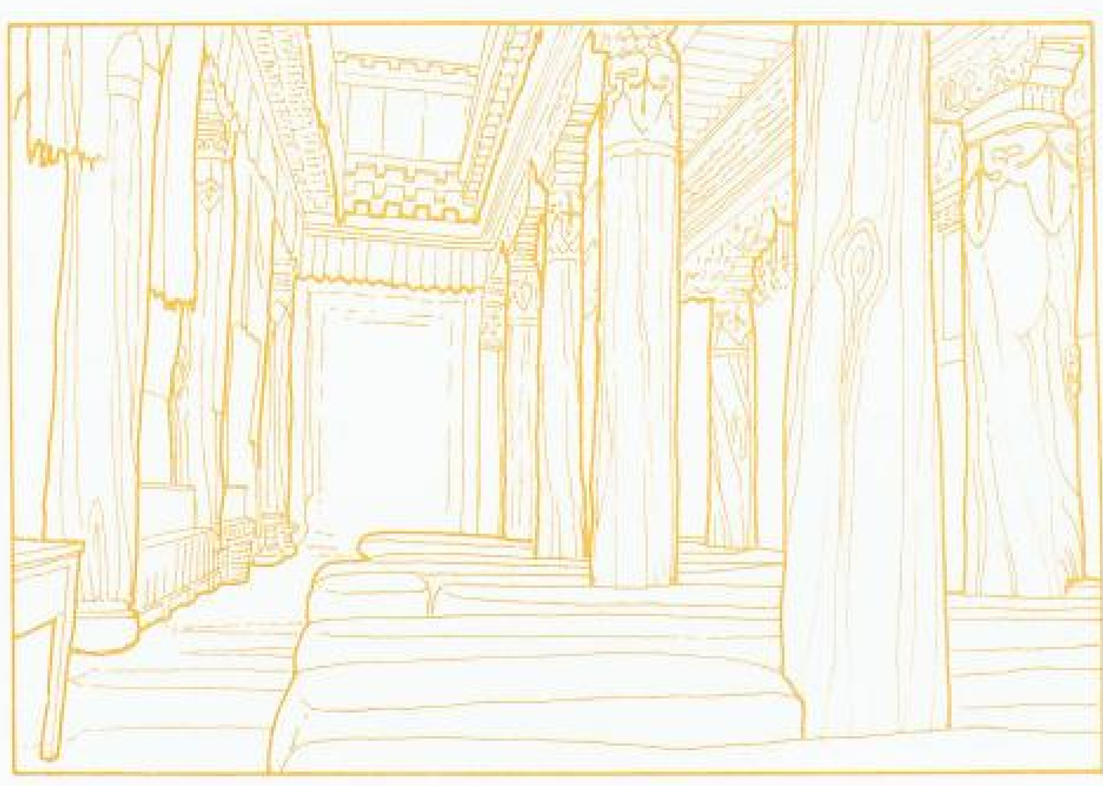


图11-1-25 日喀则萨迦寺殿内柱式

经历数十年而陆续修建的，总面积达30多万平米。建筑特征是：坚厚而带有显著的侧脚收分的碉楼；主要的佛殿建筑如觉干厦殿等。除了本身有庞大的体量和富丽的色彩外，还重点冠以汉式的殿阁，殿阁为歇山重檐式屋顶，屋面用镏金铜版做成瓦型。寺内最古老的建筑是错晴大殿，面阔九间，进深七间，亦为外墙承重与内部木架结构，寺内造像及灵塔极其精美细致。

（4）布达拉宫：布达拉宫藏名“则颇章”，位于拉萨布达拉山（普陀山）上（图11-1-27），由宫殿、寺院、城堡、碉楼等组成建筑群体，是西藏建筑艺术、绘画、雕塑、工艺美术等集中的代表，是藏族建筑的精华（图11-1-28）。

它始建于公元七世纪（藏王松赞干布时代）。到十七世纪中叶，几经兵燹毁坏。现存的布达拉宫是明崇祯十四年起五世达赖喇嘛时陆续重修的。最早是中部“红宫”，其后是两旁的二组“白宫”，修建年代约1644—1711年，历时五十余年之久。

布达拉宫按其功能可分为三个方面：一是历

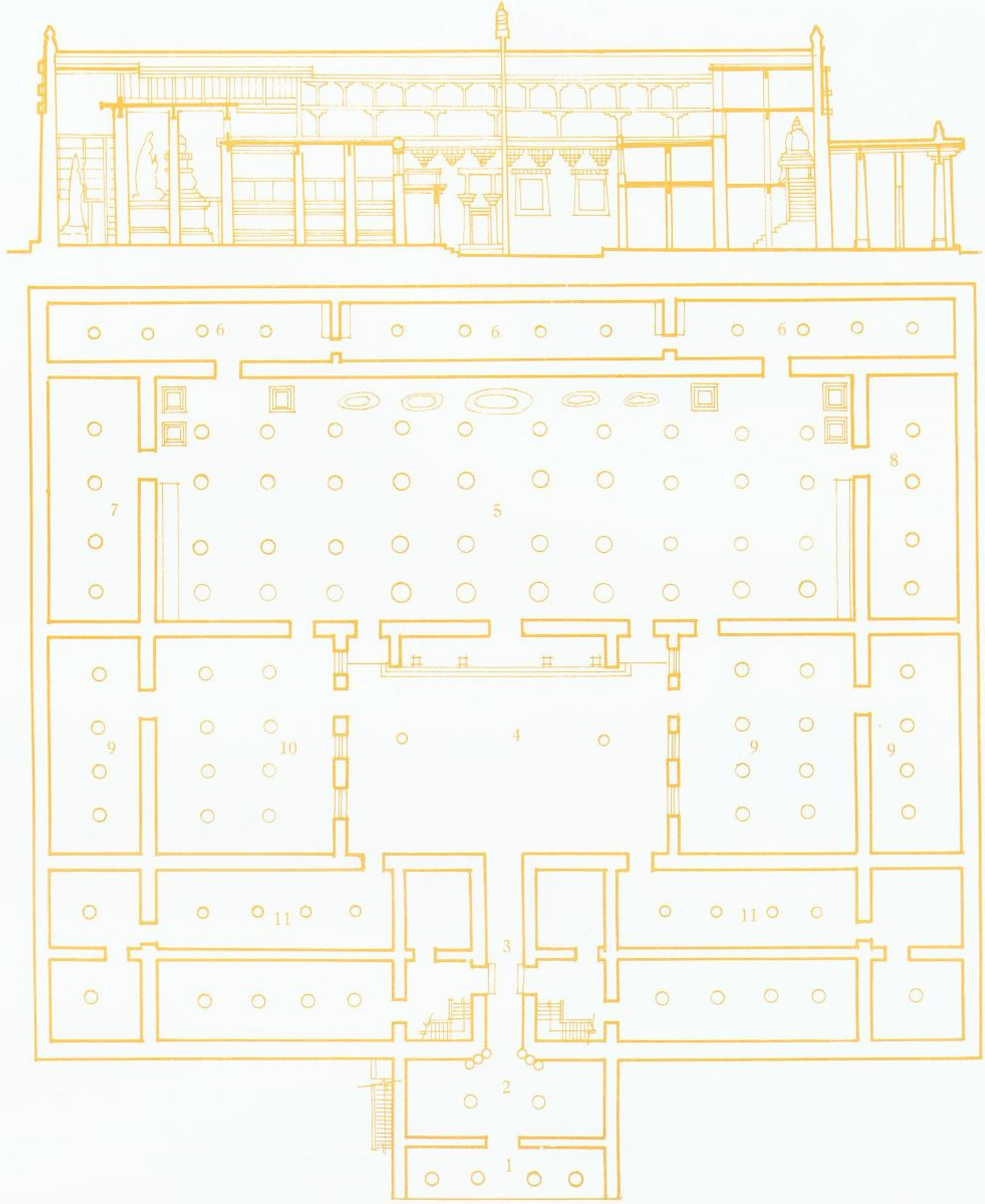
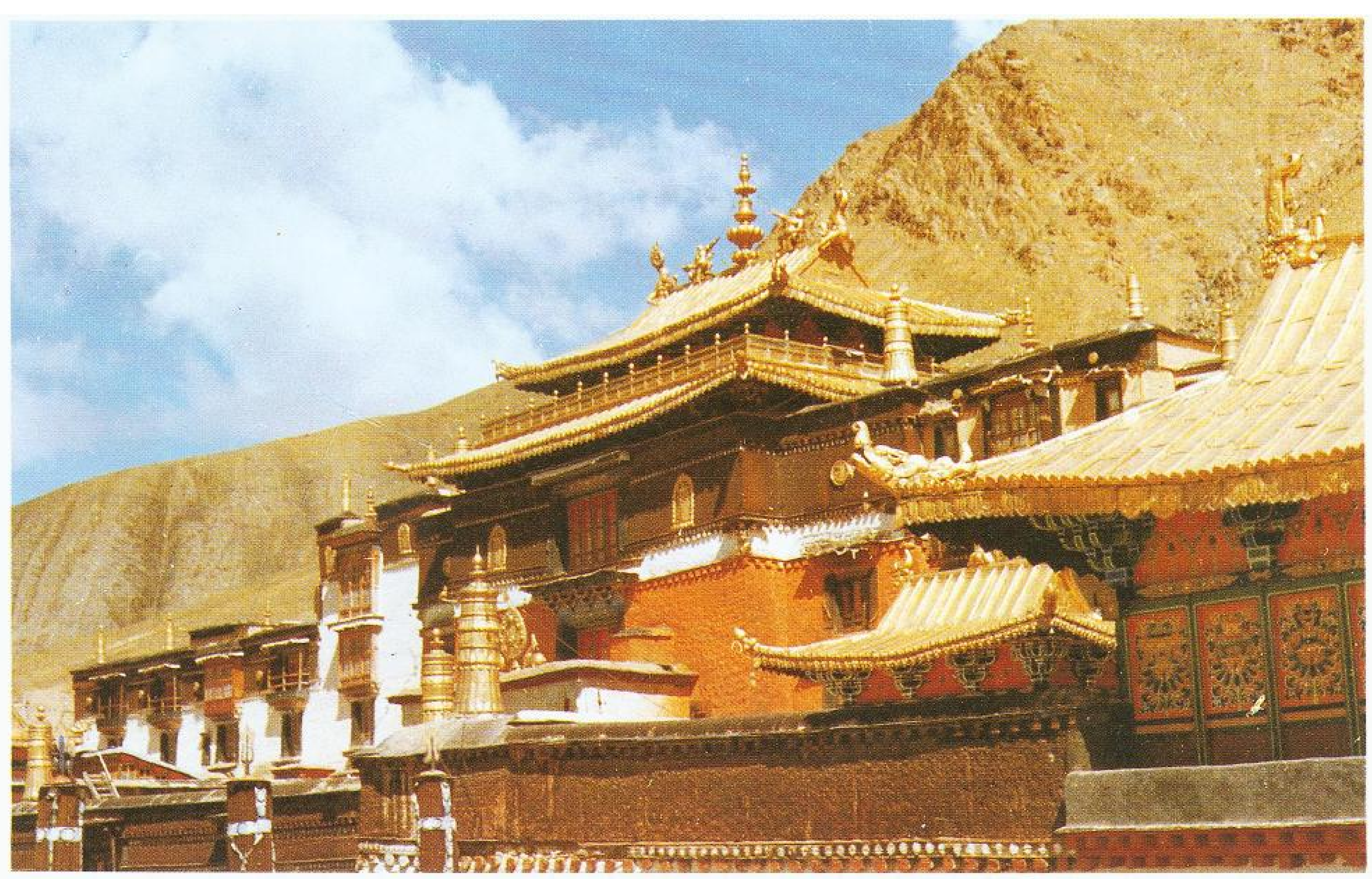


图11-1-24 （2）日喀则萨迦南寺大经堂平面、剖面示意图

1.大门门廊；2.内大门；3.甬道；4.天井；5.大殿；6.佛殿；7.西佛殿；8.东佛殿；9.灵堂；10.经堂；11.粮仓

图11-1-26 日喀则扎什伦布寺外景



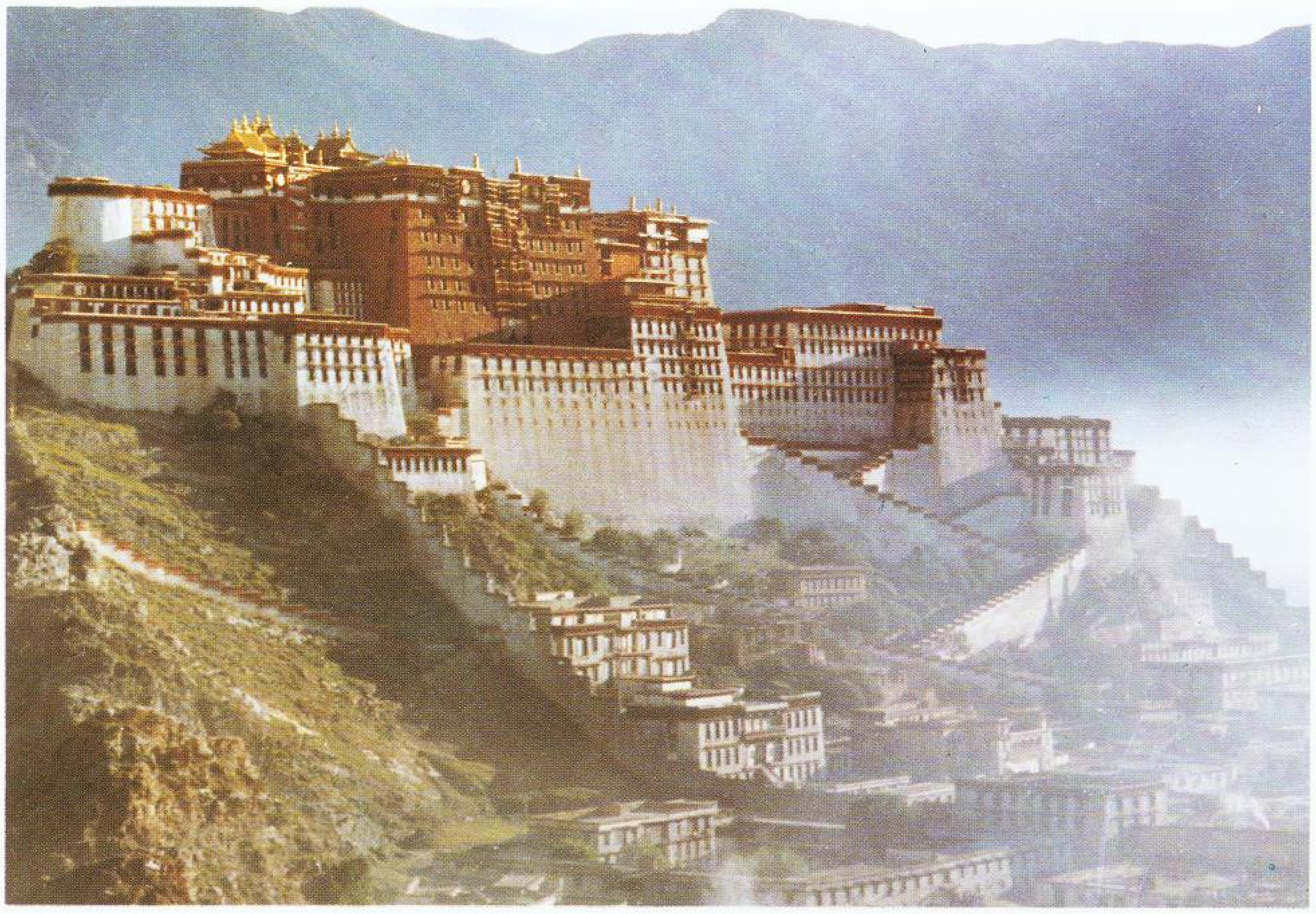


图11-1-27　拉萨布达拉宫全景

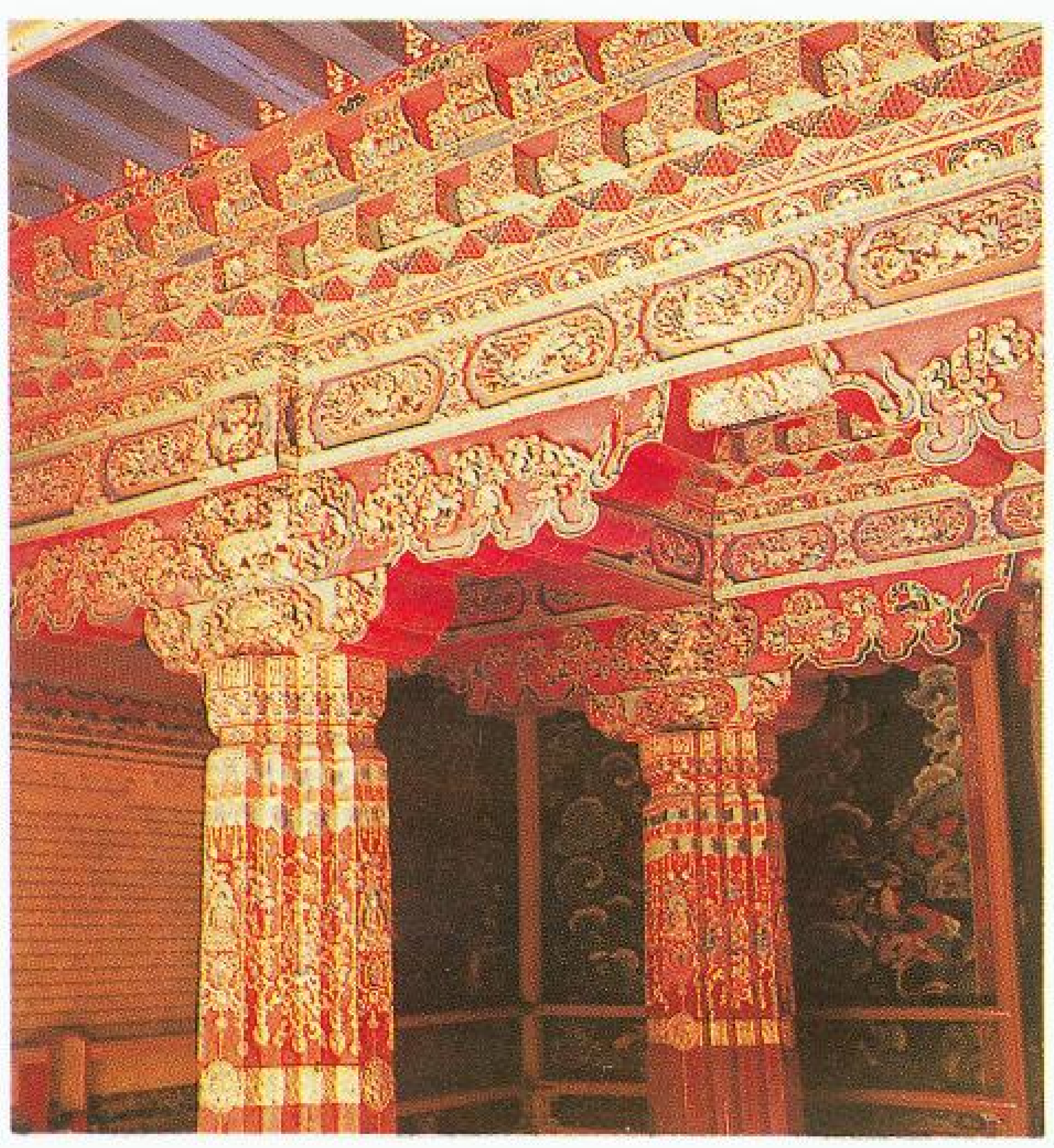


图11-1-28　拉萨布达拉宫内部柱廊装饰

世达赖喇嘛生活起居的地方，如寝室、起居室、经室、图书馆、仓库等；二是为达赖喇嘛而设的各种服务人员的用房及住房。三是专门的事务管理机关，如行政、印经院、木工厂、造币厂、马厩、监狱等，宫下有维护地方政府“雪列空”和残酷迫害农奴的蝎子洞和各种刑室。历世达赖喇嘛的灵塔殿和经堂以第五、第十三世达赖的灵塔殿最大，灵塔全身为铜皮描金，个别是纯金皮包制，高十余米，直通三层楼上，并雕有人物、花饰、图案，镶嵌各种珠玉、宝石等，极其精美富丽。

宫内保存了大量的壁画内容多为宗教题材，亦有建筑，其中表现布达拉宫的壁画最著名，是五世纪达赖时从1648年经过十余年才绘成。特别突出的有描绘劳动人民修建布达拉宫的情景，是研究西藏古代施工方法的宝贵资料（图11-1-29）。壁画中可以看到人们正在砌墙，在远方的森林里，伐木工人在伐木、备料；拉萨河急流中运送石料、沙石的牛皮船等写实景象，是不可多得的历史史料。布达拉宫的建筑平面组合复杂，是由多层的长方形平面毗连而成，初步统计约有大、小房间六百余间，总面积约9万平方米。进入宫时需先经过3米多宽的多层分级“之”字形大石台阶。山后西面、北面有专供骑马的道路，盘旋而上。宫前尚有八世纪藏王赤松德赞主的“藏文纪功碑”，形制古朴；另有琉璃瓦顶的碑亭两座，是清代增建的。并有石砌城郭与碉楼相连，城有东、西、南三个大门，正南门中央有1米多厚的石影壁。入宫前须经过此城，然后进入底层幽暗的阶梯复道和重重的宫门，更显示出布达拉宫的森严和雄伟。入宫途中有四通八达的通道和傍山石壁（死胡同），道路十分曲折迂回，故有“迷宫”之称。沿途到处是怪兽和神像。拾级而上，是华丽的“红宫”主体建筑，有大殿、灵庙、经堂等，自山下公路路面起至山顶建筑物最高处，计总高115.4米，总宽360米。红宫（主楼）实为九层，白宫为六层，从外观看连假窗共计十三层。

宫殿有新、旧两处，旧殿内部天棚低矮，开间柱网狭小，木柱、木梁平铺直放分层承托楼面，柱头漆深红色，梁枋、门额上雕镂着人、龙、凤、鹤、狮等，并绘满了动植物图案装饰，色彩丰富，四周墙壁以黄色为基调，绘有飞禽走兽和佛教故事画，藻井构造和内地宫殿类同。大门装饰更是富丽堂皇，除门楣、门框等运用多层雕花装饰外，门扇上施以镏金的兽环及叶片、铜钉等饰物。屋内实墙部分约1米高墙裙绘有红、黄、蓝三色的横线一并在黄色上绘有卷草花纹，墙面与天棚交接处亦绘有彩画，走廊地面是由阿噶土（粘土）夯筑而成，上层有黑、白、褐三色小石拼砌（有



图11-1-29　（1）修建布达拉宫的壁画之一



图11-1-29　（2）修建布达拉宫的壁画之二



图11-1-29　（3）修建布达拉宫的壁画之三

如磨石地坪），并经常用酥油磨擦，光洁明亮。建筑造型则善于利用体形组合，根据自然山势，随地形而自由变化，突出主体，从而加大了建筑的体量和向上的感觉。布达拉宫由若干座大、小的碉楼毗连相接，从山顶至山下一气呵成、气势磅礴，成为我国古代高层建筑的成功范例。

建筑墙身全部是花岗岩砌筑，有显著的收分，底层石墙厚约3米左右，红宫石墙厚达4.72米。内、外墙全部采用块石咬接，侧脚有大块石拉结，宫殿外墙基础直达岩层。

四　藏族建筑技术

（一）建筑构造与施工技术

（1）建筑模数：藏族建筑，以居住和寺院建筑为代表。从西藏和四川等藏族地区的调查中，知道藏族建筑的营造技术象汉族古建筑一样有传统的营造方法；藏族匠师中有一整套设计标准、结构体系、平面布局和施工技术，全凭经验世代相传。藏族建筑的尺度，一般都采用人体的手指、手掌、肘和膝，当作度量的单位，并在人体尺度的基础上进一步创造了柱位的基本模数——藏语称“穹都”。一个“穹都”等于手掌一卡长再加上一个大拇指的距离（约23厘米）。四川的藏族地区，则采用“排”（两臂侧平举约1.7米左右）、“卡”（一拇指与中指张开约20厘米）、“跪”（拇指伸直、其余四指弯曲两节的距离约12厘米）为基本单位（图11-1-30）。

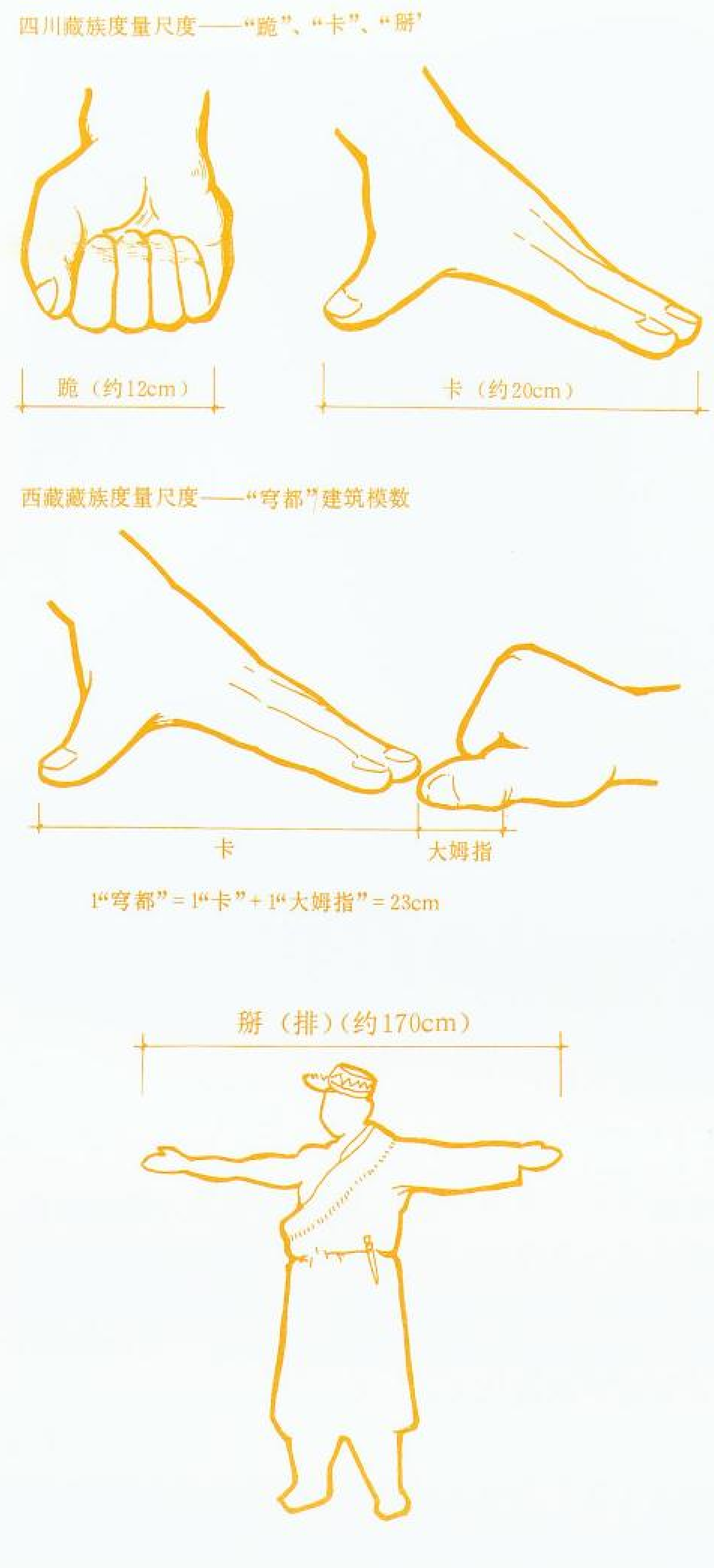


图11-1-30　藏族建筑度量尺度

西藏建筑的平面组合，是以“穹都”为单位来决定柱距、进深、面阔、层高的尺度，而柱距大小则受到当地天然材料，如片石、毛石和木材、石梁、木梁等运输和生产工具的限制，不可能采取大跨度的建筑形式。

通常一般民居和寺院扎仑中的柱距是8.5、9、10个“穹都”，相当于2～2.3米。

贵族住宅、会客室、寺院宫殿、经堂的柱距是11.5、12、12.5个“穹都”，相当于2.6～3米。平面配制原则上是维持左右均衡的对称布局，但又没有内地汉族建筑明显的中轴线，组合较紧凑、灵活而富于变化。

开间与进深分别采用一柱式、二柱式等，组成单元平面，故一般开间为2.2～2.5米，相当于8.5～10个“穹都”；亦有2.8米、3米不等。特殊的用房如宴会室可达5米。经堂习惯用6×6米、9×6米柱距，相当于21～38个穹都，进深为4、4.4、5米，亦有少量5.6、6米，多见于拉萨、日喀则等城市贵族住宅，相当于15～26个“穹都”。使用木料最长不超过18个“穹都”（约4米）。民居住宅层高一般为10～11个“穹都”，相当于2.2～2.4米；寺院、经堂层高是10.5～12个“穹都”，相当于2.4～2.8米，不少寺院采取升高1.5～2层办法，形成佛殿。

（2）结构体系：藏族建筑主要结构型式按其承重方式不同，大致可以归纳为以下几种类型：

1）木构架承重：木构架承重是藏族地区常见的一种结构系统，它主要由柱、梁木构架承重为主；外墙多用毛石或土坯、土筑，为围护结构。靠木柱、木梁承托楼面、屋面及出挑部分。通常是梁与外墙平列、木椽横摆，梁柱榫接，不用铁件。各层木构架间皆平铺直放，无连接措施，直接搁承在墙上，靠外墙保证横向刚度，各层柱位层层相叠，由于层高较低故尚能保持房屋的稳定和刚度（图11-1-31）。

木工工具简单，以锄刀、锤为主。木枋、木板多用锄刀劈，构件大而粗糙。

2）墙承重：内、外承重墙均用乱石砌筑或用土筑墙等。室内无柱子。木梁、木椽两端伸入墙内，在寺院的端墙，四周常加有侧脚巨石加固，刚度良好。多见于盛产石料的地区如拉萨、江孜、昌都等近郊和山区。

3）穿斗木架承重：此类结构多见于盛产木材的森林地区；如西藏的山南、林芝、波密、亚东等地，四川的甘孜、炉霍、阿坝和平式一带。主要采取多柱落地穿斗木架、木梁、木柱榫接。

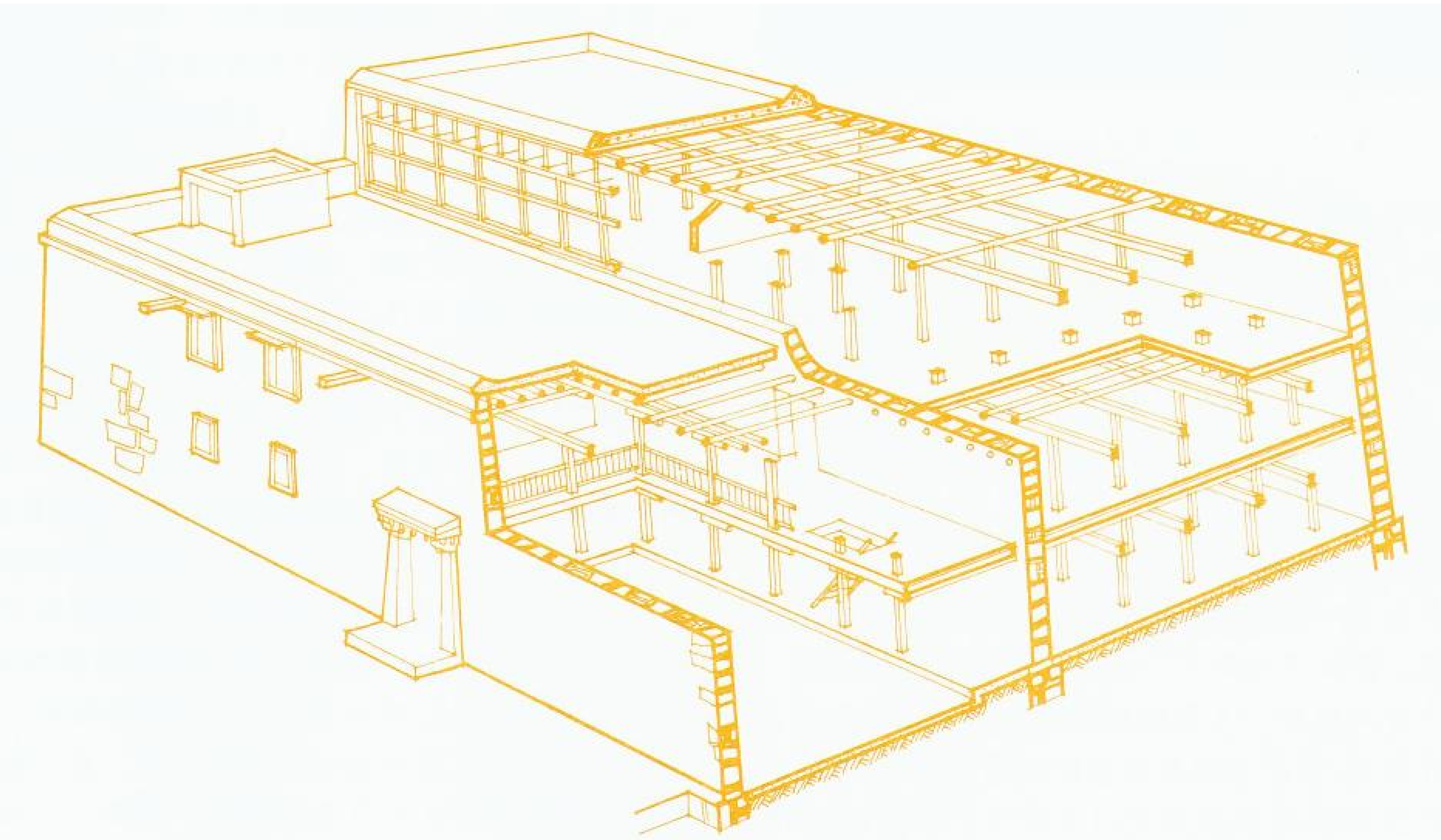
外围结构多用木板墙或半圆木砍槽，互相咬接成井干式架空的干阑建筑，施工方法仍沿用原始的工具砍刀。

（3）建筑构造

1）基础：传统的地基做法，多采用带形基础，基底断面尺寸与底层墙身断面相同。一般由老匠师视土质的好坏而决定砌筑深度：较好的土质地基深度按人体尺度“一膝深”（相当于50～70厘米），特殊的较差土质地基深度“一膝半至二膝深”（相当于1～1.5米）。施工挖槽后先将素土夯实，然后立放较大的石块砌基础，灌泥浆。在农区民居不设基础，直接在坚实的土层中开浅槽，两端置巨石，中间填碎石、粘土，加以夯实，然后砌筑墙身（图11-1-32）。

2）墙身

石墙：由于工具较原始，不能进行大型石料的加工。石料有花岗石、玄武石、石灰石开采成毛石、片石等。石墙一般内壁平直，外壁有收分。每层（2.1～3米）收分一个“穹都”（约23厘米）。施工时不挂线、不立杆，而能平整、美观、


图11-1-31　木构架承重的石墙剖视示意图

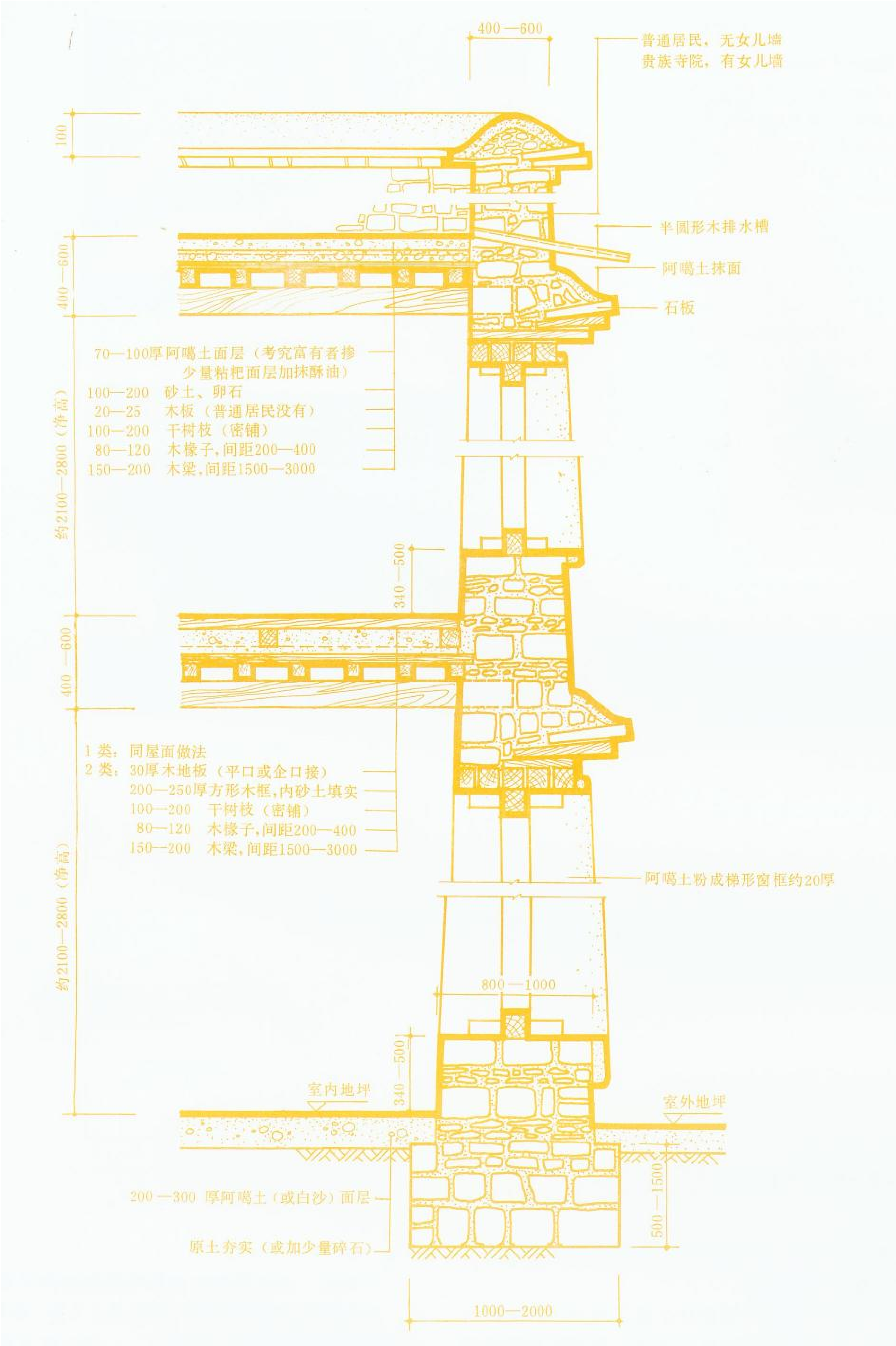


图11-1-32 基础、墙身、楼地面构造示意图
（单位：毫米）

坚固。调查中所见二至三层居住建筑墙厚度为2～3个“穹都”（50～70厘米）。砌筑时泥浆选择富粘性的黄泥，藏语称“阿噶土”，除去石子杂物，合水敲打均匀。砌石前先平好基坑，若遇斜坎则沿坡挖成阶梯状基础，逐层迭砌交错搭缝，小石填空夯实，泥浆胶结。砌墙方法与基础略同，将和好的黄泥盛于泥掌（一种木板做成），用手涂于石片上。先摆一层较规整的方整石，再用1～2层小石（片石）与粘土嵌缝填实，四角搭配适宜，连接如齿牙紧咬，如有石片突出，用手锤打平，如此上砌至屋顶。

门窗框子边砌边安装，抬梁楼盖逐层铺设，用内脚手架逐层建造。寺院建筑常在外侧脚加块石与内部石墙咬接，故整体刚度好，墙身棱角方整牢靠、坚实（图11-1-33）。

夯筑土墙：藏族在长期的施工实践中，对筑墙工程具有丰富的经验和成套的技术（特别是四川的藏民区）。筑墙工具简单，土墙有木夯墙模，再以锄头、刀、绳等农具辅助就能操作，盛行于农区和农牧地区。土墙施工时，泥土多采用含水不多易于夯实者，基槽挖至硬土层约一至一膝半深（70～100厘米），一般住房墙厚50厘米左右，立墙模，每对模桩相向等角倾斜，用绳绞牢，其斜度即为土墙的收分。墙模逐段上提，门窗过梁随筑随安，筑至楼面的下一板时，将绳子夯入，并留出绳扣，以便架立上层模桩。藏语称筑土墙为“墙”，至今沿用汉语，说明受汉族影响较深。土墙约可连夯九板，一般至一层楼后即中途暂停，待墙稍干后再夯筑，楼面亦相应铺设，借此稳定墙身。以上各层做法相同，直到屋顶为主。墙筋骨料用树枝、沙石及牛、羊骨陆续加入夯实，房屋建好1～2年后，墙面再抹草筋泥或牛粪，以保护墙面。使用牛粪墙面隔1～2年一换，既做燃料又保护墙身，是一种因地制宜的办法。

3）楼地面：阿噶土地坪，是藏族地区常用的一种楼、地坪做法。阿噶土是西藏地区特有的一种土质，是岩石风化而成的一种粘土（似火山灰，有水泥性质，其它藏区用黄泥粘土），防水抗渗性好坏全靠施工中打磨、夯实的质量而定。楼地面构造与屋面相同，一般采用三层做法。

基层：地坪为素土夯实（楼层为圆木椽上铺上一层碎木片或小树枝形成承重层）。

垫层：西藏地区多用一种风化石带粘性土质的土壤做垫层，加上小石子和片石分层夯实。

面层：采用“阿噶土”面层，施工时先将阿噶土打碎，再拌匀，夯实。用长形石块与木杆联成打夯工具，夯时唱歌、舞蹈，按节拍夯实，一般需要2～5天才能完成面层操作，起浆打平，再用小沙卵石磨光即成。

4）屋面：绝大部分藏区采用平屋顶，成为藏族建筑重要特征之一。平顶构造和施工方法与楼

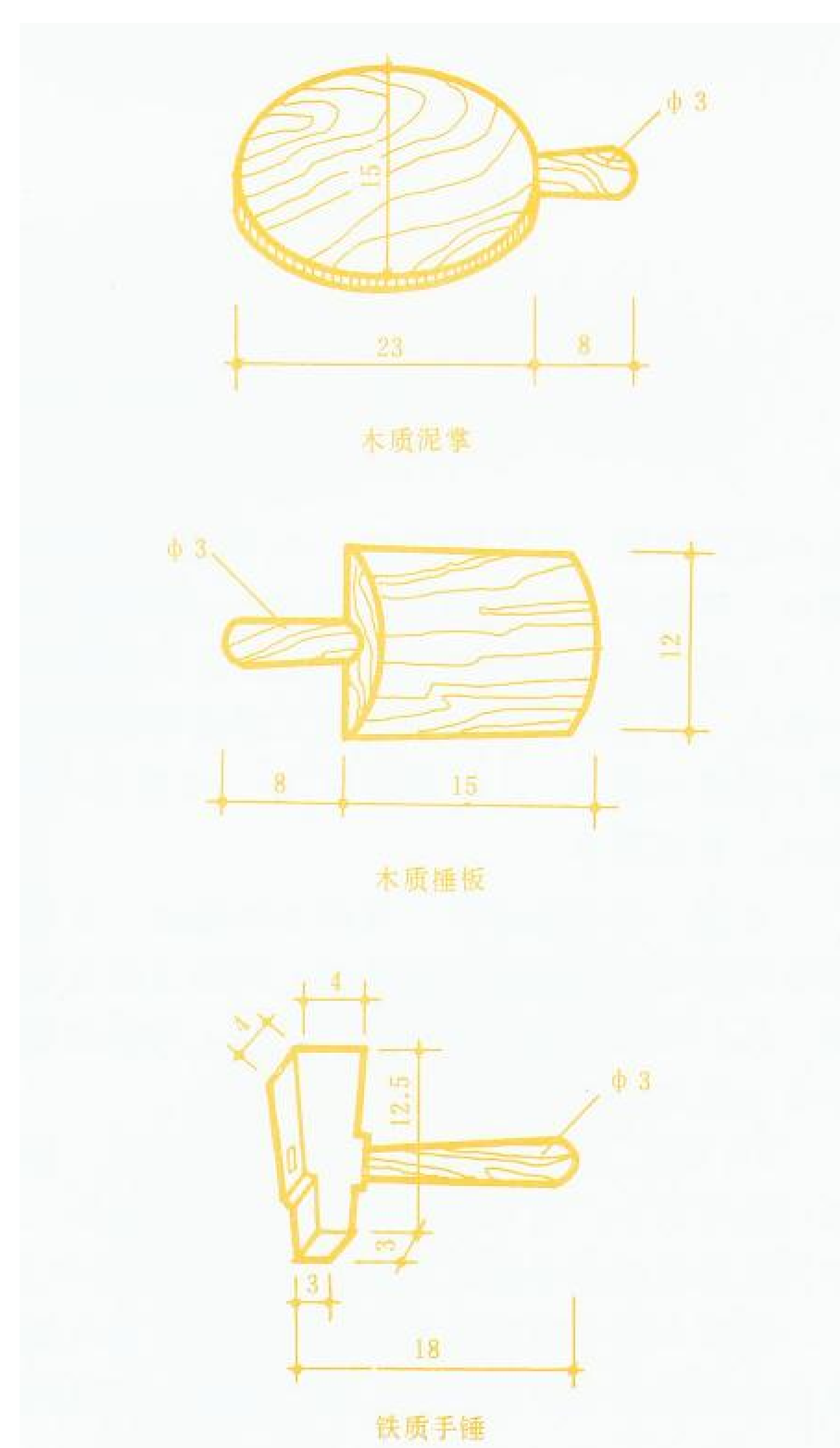


图11-1-33 藏族砌石墙施工工具（单位：厘米）

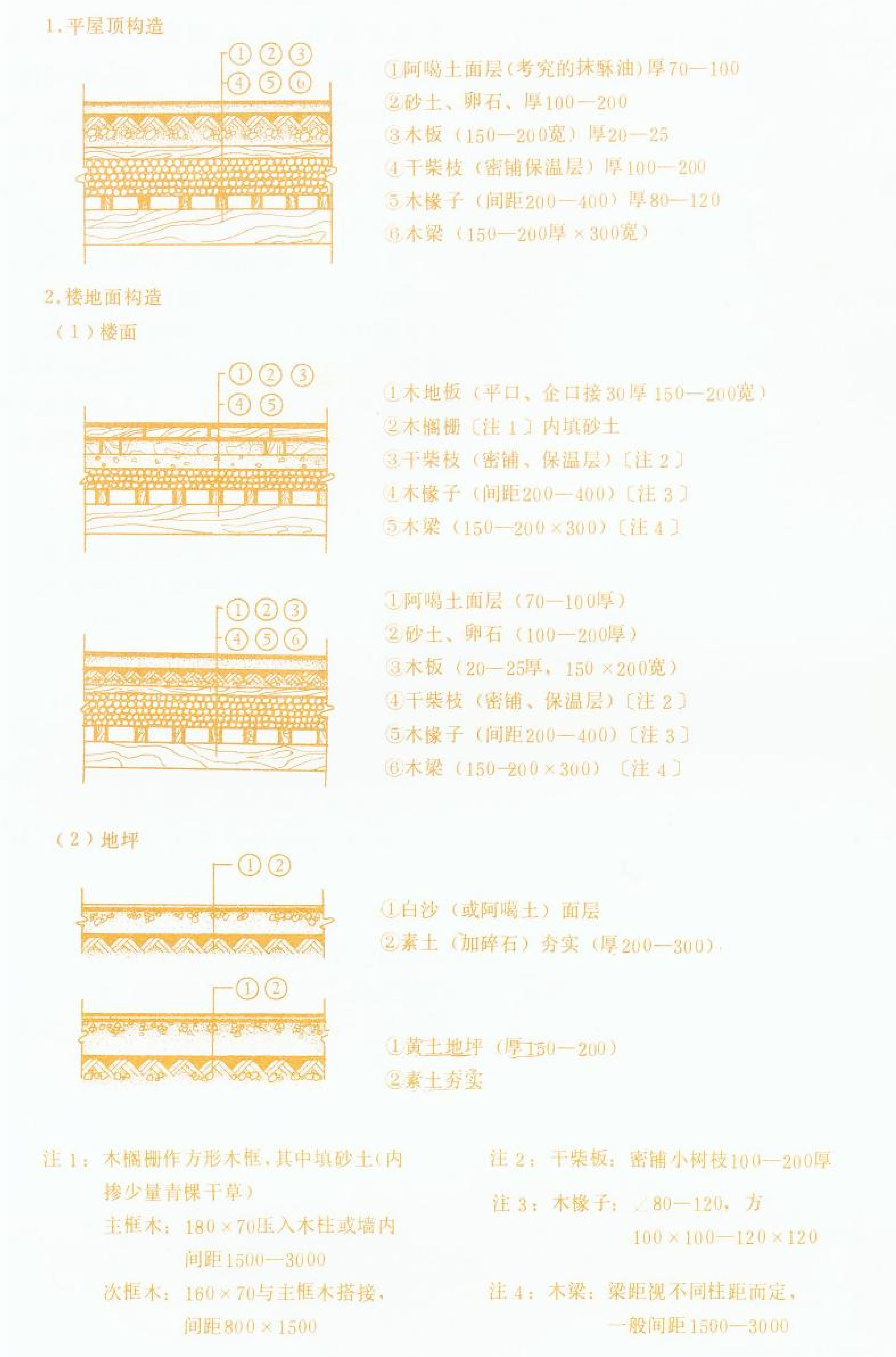


图11-1-34　平屋顶、楼地面构造示意（单位：毫米）



图11-1-35　布达拉宫金顶

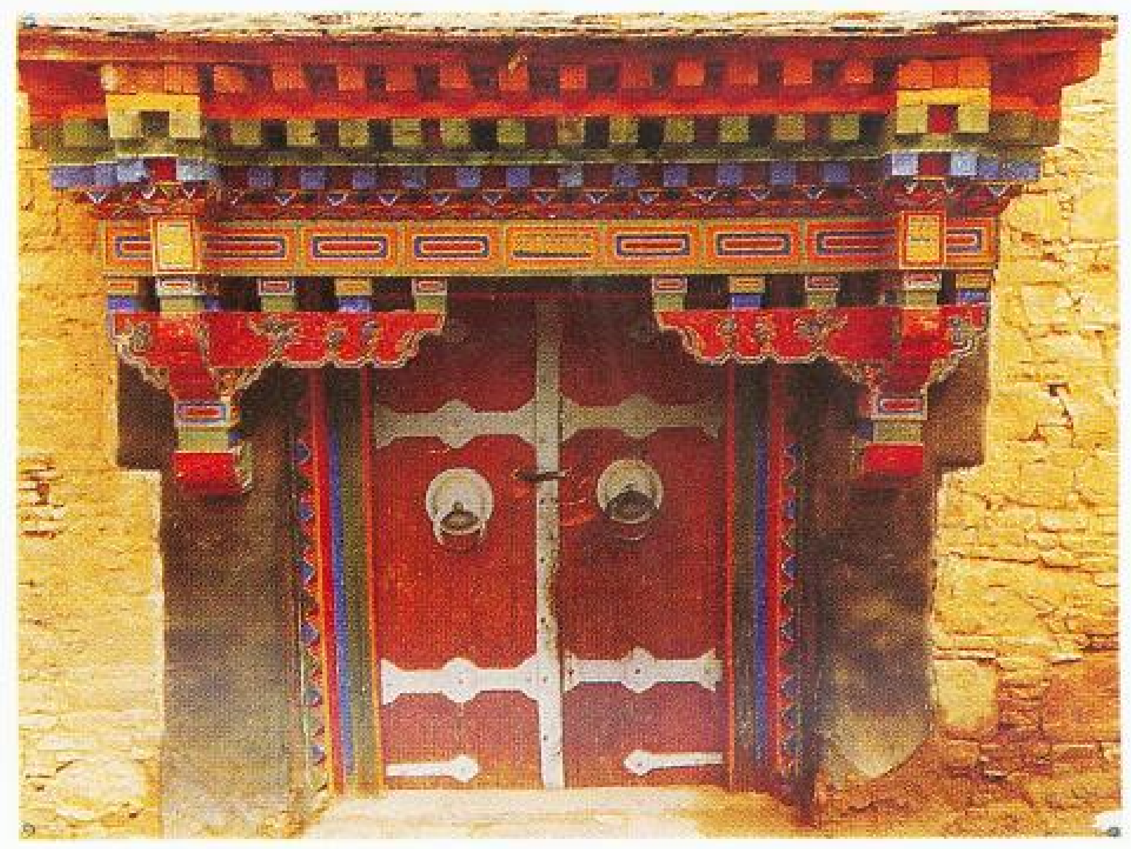


图11-1-36　（1）色拉寺的住宅大门

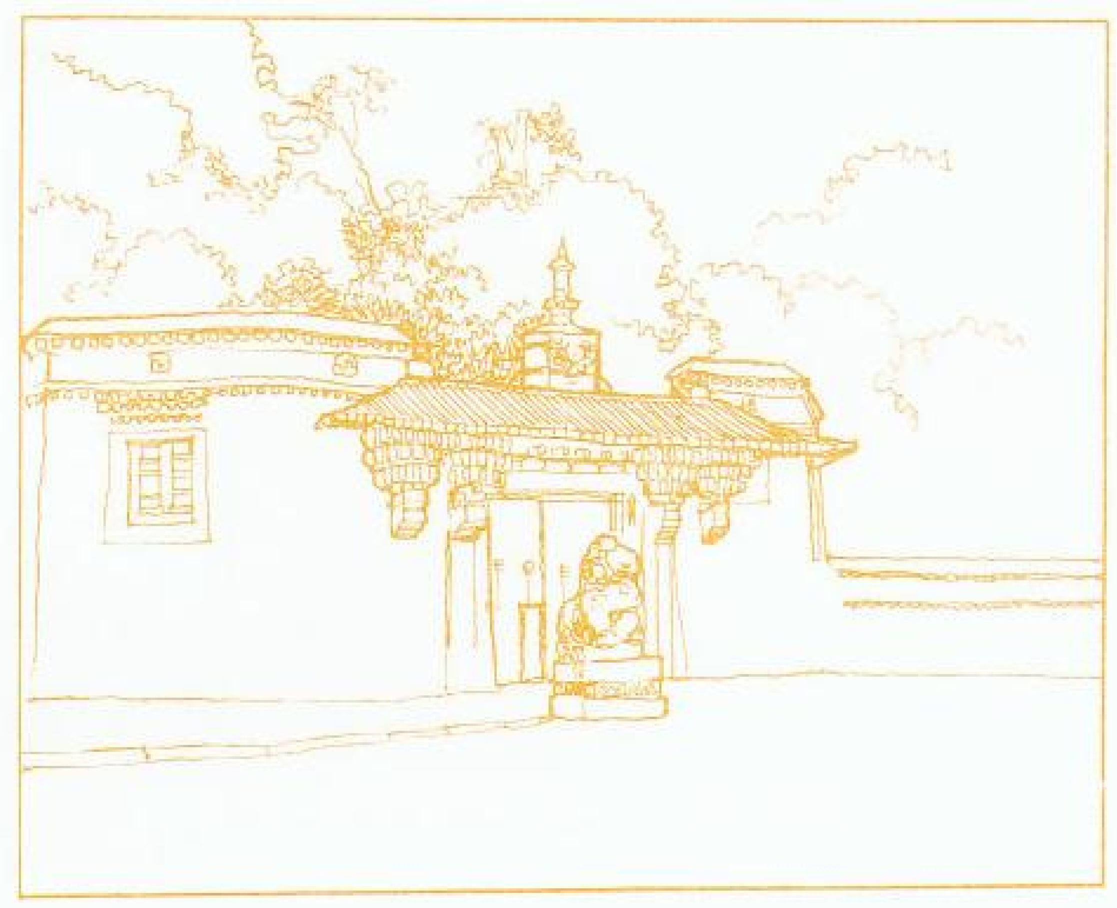


图11-1-36　（2）罗布林卡大门

地坪做法相同，总厚度在40～60厘米，一般山墙到顶，四周有女儿墙高出屋面80～100厘米（图11-1-34），屋面略作坡度，多采取半有组织的外排水，不设天沟。雨水由女儿墙底部洞口经半圆木制排水槽沟[1]，挑出墙面50～60厘米，直接排出，自由落水。

金顶：是寺院建筑主要殿堂的标志，它采取梁架式结构，檐四周饰有斗栱，内部立柱支承长额，其上构成梁架，用横梁柱托檩，构成金顶的坡度（图11-1-35）。

5)门窗：藏族民居的门窗多为长方形，较内地门窗用材小，窗上设小窗户为可开启部分，这种方法能适应藏族地区高寒气候特点，可防风沙。

藏族人民有以黑为贵的习俗。门窗靠外墙处都涂成梯形上小下大黑框，突出墙面。考究的住宅和寺院常在土上掺黑烟、清油或酥油等磨光，使门窗框增加光泽。

门窗上端檐口有多层小椽逐层挑出，承托小檐口，上为石板或阿噶土面层，起着防水保护墙面及遮阳的作用，也有一定的装饰效果。

在西藏的城市住宅和寺院大门，常为装饰重点，门框刻有细致的连续三角形几何图案或卷草、彩画等。有的在平屋顶上冠以金顶（金质铜瓦庑殿和歇山式屋顶）。

明清以前，一般中、上层统治阶级住宅和寺院，大门入口常用2—4个“斗栱”，但和汉式斗栱不同，是由华栱（托木）出挑支承大斗，大斗上出令栱承托带奇数（3、5、7）的散斗（升），有一斗三升、一斗五升之别，散斗上承挑檐枋，枋上出挑1—3层的小檐椽。亦有雀替式替木，直接承托木梁、额枋、木檐檩，再上出挑阿噶土面层或瓦作的小雨篷。至清代则多直接引用汉族手法（图11-1-36）。

6)梁柱：梁柱是藏族建筑室内装饰的重要部位。柱为木柱一般无柱础，断面呈正方形、圆形、八角形以及“亚”字形。亚字形，一般在四方形木柱上四边每面附加一块木料而成，是利用小料的一种经济作法。柱身上小下大，有显著的收分，粗壮稳重。寺院和民居中经堂的柱头、柱身常饰有各种花饰雕镂或彩画，主要图案有复莲、仰莲、卷草、云纹、火焰、宝轮等，富有浓厚的宗教色彩。

为了保持木柱本身的稳定和减少梁、枋与柱交接处的剪力，相对地缩短梁枋。长额的净跨长度，柱头常常加替木，通称这类替木为大雀替，由整块木料做成，型式有斜角、直角、圆角，亦有雕刻成花纹曲线，跨度较大的常在替木之下再加托梁。在藏族营造施工方法中，各构件有一定的尺度关系。一般主梁上放置12、13、14个小椽

1）用原木平分砍凿挖槽而成。

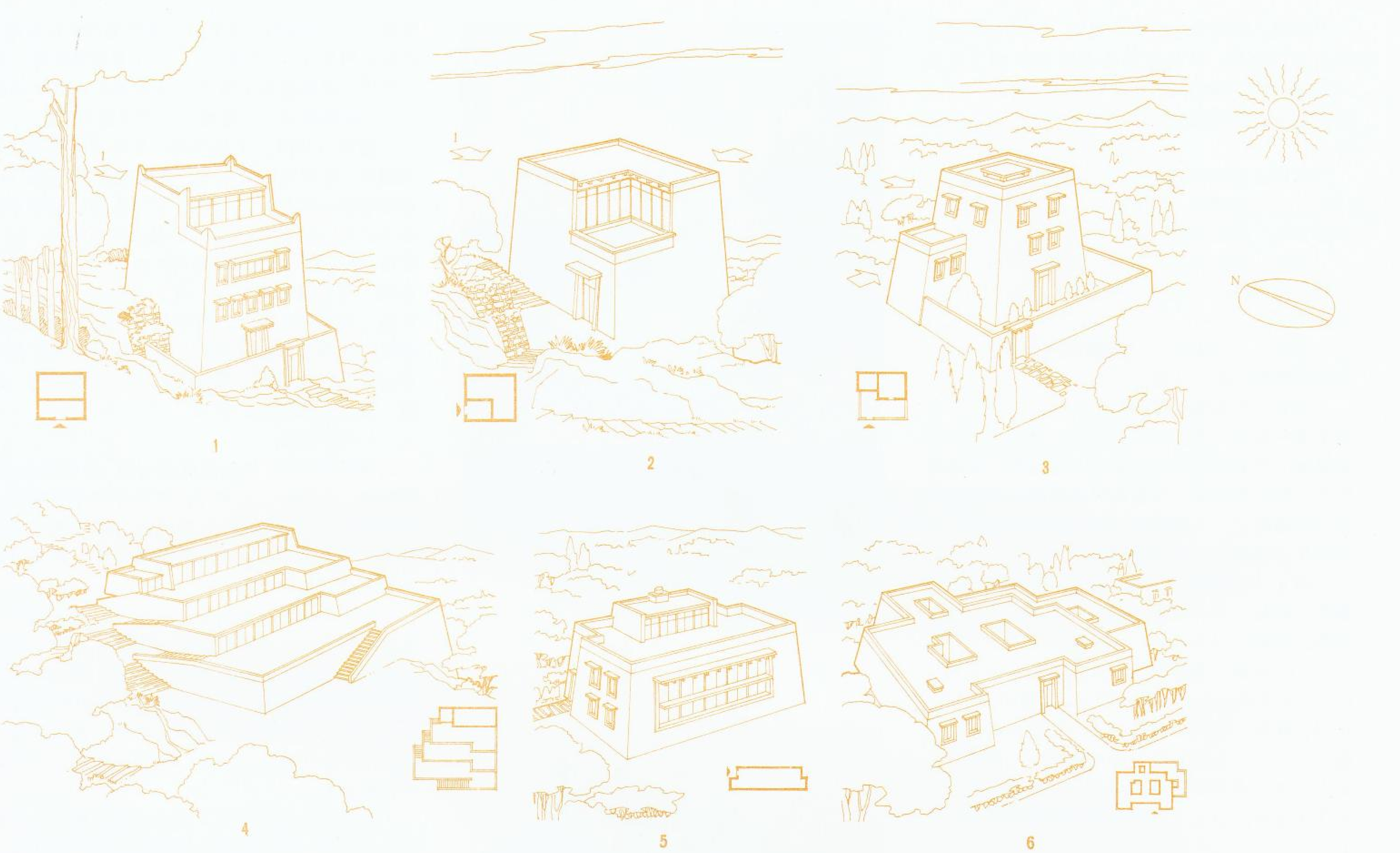


图11-1-37 藏族地区碉房建筑造型示意图—— 防寒、保暖、采光措施

（1）山地建筑；（2）山地建筑碉房；（3）平地建筑碉房；（4）山地建筑寺院喇嘛住宅；（5）平地建筑住宅；（6）平地建筑毗连式住宅

1.风向

木，椽木间距相当于20～22厘米，即为梁的常用尺寸；又如雀替和柱梁的关系，其长短视柱距开间而定，一般是梁长度的1/3～1/5，宽度与厚度相同。梁上常施彩画，梁头、雀替则多用高肉木雕或漏空木雕花饰，涂重彩，色彩艳丽、浑厚，与室内木柱等连成整体，收到一定的艺术效果。

7)檐部及屋顶：建筑外形多为坚厚的石墙(或土筑墙)，无合基，墙身有显著的收分，南向常开有大隔扇窗或出挑挑廊、阴廊等扩大空间。个别楼层有大隔扇角窗，底层及北向房间一般不开窗，门窗上檐额枋带有纹饰并出挑小雨篷，周围有梯形黑色边框，上小下大与倾斜的建筑外墙相适应。檐口有明显的束顶线一圈，在寺院和贵族住宅常在檐口镶一圈“白马”(是高原上富有柔性的小树枝)，染成深咖啡色（或紫棕色）作装饰，普通民居多用小木椽上挑石片成小檐口，屋顶四角设有高起翘角式“嘛尼堆”或经幡、玛尼竿等，中部常常略低于两旁，前后设有焚香炉或佛龛等装饰，带有浓厚的宗教色彩，成为藏族“碉房”建筑的顶部特征。

(二)防寒、采光、通风

生活在高寒地区的藏族人民，在和自然的斗争中，积累了许多就地取材、因地制宜的防寒保暖、采光通风的建筑经验（图11-1-37)。

（1)防寒保暖：由于高原气候寒冷，多风干燥，空气稀薄，藏族人民创造了独特的“碉房”形式，它采用平屋顶、厚墙身、低层高、封闭式天井或院落，都利于防风。建筑朝向，向阳、背风，一般在院内朝东南和南向开设大隔扇窗户、落地隔断门等，朝北和东西墙不开窗户。加上四周有高厚的女儿墙，起着挡风作用。由于采用较厚重的材料（石料、土以及多层木板等)，具有良好的热惰性，而南向的居室、经堂与敞廊、晒坝相连，可以较多获得阳光，自然形成了利用太阳能的温室效应作用，对于保暖防寒、防风砂有良好效果。

（2)采光、通风：随着碉房建筑毗连成群的出现，由于层数逐渐增多，窗洞小，加上厚墙，低空间，致使室内采光、换气、通风困难，藏族人民根据实际需要采用了院落、天井、梯井和室内天窗、高侧窗和顶窗，以补充侧窗采光的不足，作为一般采光、通风的方法。

天井：在民居和寺院中运用天井最多，位置在建筑中部或前、后、左、右，常常由底层通顶层（2—4层)。大型住宅和寺院的天井自下而上逐层放大，四周形成内走廊，便于交通与生活使用，又能避风与采光、换气和排水。

梯井：它在民居和寺院中，除了解决上、下交通问题，也达到采光、换气、通风的需要。梯井往往是下层采光、换气的开口，民居中正对梯井的楼面部分常常是通向各室间的半露天活动场所。

天窗：一类是高侧天窗。如佛殿、经堂、灵塔殿以及贵族住宅主室寺，常在主室前升高半层、$1\frac{1}{2}$层、2层甚至3、4层，它利用上部的狭长高侧天窗和屋顶下空隙（农牧区民居多采用）以利采光、通风、换气。

一类是屋顶天窗。一般较简便，有直接在屋面上开方形井孔或架设通风气窗以便采光换气，多用于农奴和牧民住房或灶房之上；亦有用于通向天井的天棚高窗，来达到排烟、换气目的，这种类型显然是受到帐篷的通风换气方法的影响。

（3)镏金技术：藏族的镏金技术是驰名国内外的特种工艺技术，有着悠久的历史。著名的大昭寺和布达拉宫以及藏族广大地区寺院的金顶(图11-1-38)，各种镏金饰物，如宝塔、倒钟、宝轮、金盘、金鹿、复莲、金幢经幡、套兽等，在阳光下光彩夺目（图11-1-39)。

根据西藏地区老匠师传统的施工技术，其主要工艺流程如下：

造型：根据设计的要求放样。先在金属版上绘出实物图样，然后采用各类特殊的加工工具（方、圆等小木槌、小铁锤等铁器）打敲、冲打而成需要的各类造型形象，并打磨光洁，去掉铜锈。

出垢：采用藏族地区的一种植物"菩提子"（如皂角一类植物），洗涤擦垢，去污，并用清水洗漂干净，用软布擦干。

成型：将各种造型形象，加微温用粘贴法将它固定在"独那[1]"制的一种垫板上，冷却后固定钉铰成型。

出光：成型固定后，用硼砂粉（加热微熔化）在铜版雏型上抛光一道。

镏金：采用酥油灯（或清油灯），用火管（形如小塑料管状）借助火焰的高温，将泥金[2]熔化成液体，然后吹管喷涂于铜质（或金属）成型构件上，镀金的厚薄、质量视匠师掌握火候和操作技术经验而定。大型镏金件由多块铜版并成，用钉铰法或铜银合金加食盐高温焊接。

抛光：全部镏金完毕后，最后的成品用硬质磨件（玛瑙、小卵石）压磨，并用菩提子水刷洗干净，再用软布擦干使之光洁即成。

（4）彩画、壁画技术：藏族彩画技术运用较广。一类多用于内装修木作部分，如额枋、柱头、柱身、雀替、椽头、椽枋以及门窗楣和经堂、佛殿、主居室、会客室等天棚线脚等；一类用于壁画上，考究者常常采用沥粉贴金，位置多见于殿内或灵堂内，以及天井院落两侧或殿前回廊的壁上。

1)内容、题材：藏族的壁画、彩画，绝大部分为宗教内容题材。常见有释迦牟尼和黄教始祖"宗喀巴"传记、故事画，历代藏王、大师的肖像，四大天王、十八罗汉以及礼佛图等；图案如：西蕃莲、梵文、宝相花、石榴花和八珍宝（海螺、宝伞、双鱼、宝瓶、宝花、吉祥结、万胜幢、法轮）等。它一方面受到尼泊尔和印度犍陀罗波斯等文化风格影响，结合本民族图腾和本波（黑教）的图案发展而成；另一方面深受汉式绘画（礼乐习俗、传记）风格的影响。写实画如人物、树木建筑、山川、花草等，富于真实感。

2)色彩调合：彩画、壁画技术主要关键在于调色和配色，其经验简略介绍如下：

颜料：一般是采用矿物颜料，经久不褪色。它将各种色粉，用石白擂成齑粉（有些经过过滤、沉淀而成），使用时加进水及胶，绘成后上光油[3]。

彩画、壁画部位有阴阳之分。凡是阳色（凸出部位）用硬色，即各种纯原色：如红、黄、蓝等。凡是阴色（凹下部位、底板），用软色即各种调和色、复合色为主，例如橙色（藤黄加广丹）等。

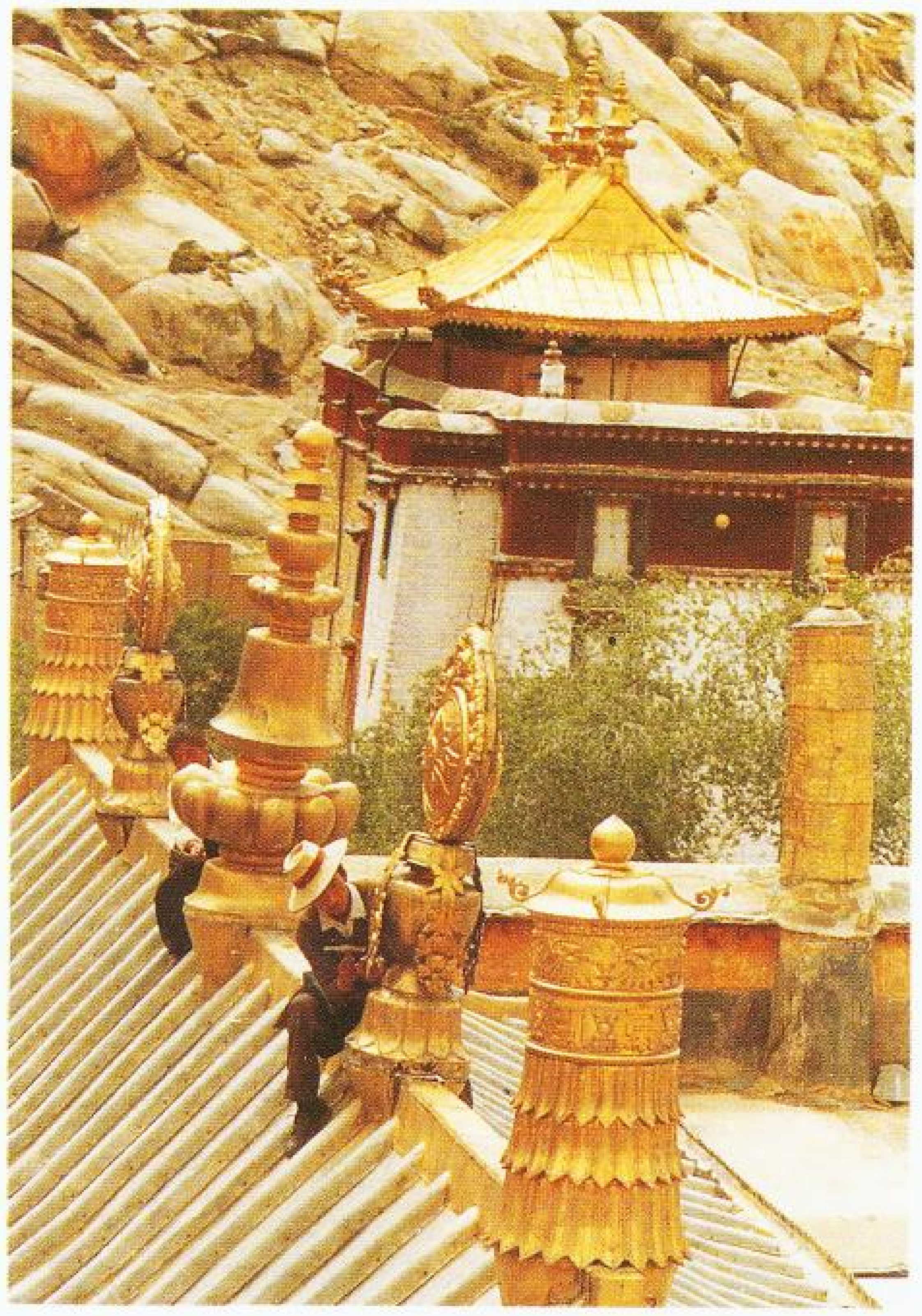


图11-1-38　工匠们在修缮色拉寺大殿金顶



图11-1-39　拉萨哲蚌寺经幢及经幡

其常用的矿物颜料有：铅丹（粉）、广丹（朱砂）、茜绿、银砂、藤黄、松烟等构成主体色，一般称"硬色"；其他各种颜色互相调合可以得到明度较淡的复色，称为"软色"。彩画常配合着建筑色彩运用，由于气候寒冷和藏民族的性格热情奔放，故彩画主要色彩喜欢暖调，如朱红、深红、金黄、桔黄等为底色；衬托以冷调，如青、绿为主色的各种纹样，与内地唐、宋时期建筑色调较接近。相传彩画是在唐代文成公主进藏时所传入，最早的大昭寺和夏鲁寺等所见的唐宋彩画多采用浅底深花，深底浅花，单线平涂等画法，明清以来发展成为浅色叠晕、晕染法和沥粉贴金，彩画与木雕结合。

3)彩画纹样：柱头、额枋多采用连续十字形、万字形等几何图案，西蕃莲（复莲、仰莲等）、如意云纹、火焰纹、宝相花、缠枝卷叶、石榴花，亦有采用梵文"六字真言"、法轮宝珠等彩饰。在平板枋、阑额藻头上常作云头彩画"三层方头披肩"、"箍腰佛珠"、"莲瓣"、"带花圈子"等。

建筑（室内）平顶线脚，使用连续图案、彩画最多。裙多用深红（暗）色和深绿色，间以黄、蓝等色彩；起居室（主室）多用乳黄、粉绿和油绿等色彩；经堂、会议室喜用深黄色和绿、红、群青相间的花边。彩画采用浅色叠晕、沥粉金线勾线，重点缀有橙、红、黄、金白色，色彩重点突出。木椽子用群青、重绘色彩。柱廊为深红色间以浅色或金、白线条垂直划分柱身，有纤细而华丽感。门窗外框一般皆为黑色，特殊寺院、宫殿、住宅采用雕花、彩画。

4)主要技法

单线平涂法：是运用线描勾勒，然后填色（如萨迦寺，白居寺，大昭寺，夏鲁寺的早期壁画、彩画所见），如红底黑色墨线画、绿底黑色墨线画，有如内地汉族国画中白描的技法，最后用熟桐油或清漆罩面一道。

叠晕染法：是在白描的基础上，浅色向外，深色向内，由浅入深顺序相叠排列，2—3次叠晕为多。如云纹则具有凸凹立体感，常运用线描勾勒与晕染相结合，如布达拉宫、扎什伦布寺等壁画。柱头、额枋等采用深红色底，青绿晕染、花纹、浅色勾边间于朱砂，收到色彩绚丽、丰富多彩的效果。

彩画与木雕结合法：在梁柱间的额枋、雀替以及花牙子、椽头间常采用剔地突起的高浮雕、压地隐起的浅浮雕和平地线雕等多种雕镂方法，作到彩画中重点突出雕饰品，较过去平铺彩画又前进了一步，如西藏布达拉宫、大昭寺、哲蚌寺，四川甘孜的大金寺、阿坝的格尔登寺，青海塔尔寺等。

沥粉贴金法：有如内地的沥粉贴金的技术，一般在衬底的基础上（先打底子、磨平、刷胶水或桐油使衬底平整，不妨碍设色），然后按勾勒画稿再用铅粉和光油，用羊嗉子接小管将铅粉油挤绘成画稿图样，微微突起。候干后，再用毛笔将一种植物——构胶树的构子胶（或桃胶等）涂在彩画的沥粉线上，最后贴"佛"金（即金箔），用柔软的绸棉按实即成。

壁画技法基本上与彩画技法相同，不同之处在于画底。著名寺院的壁画是在墙面上用浆糊裱白绸一层作画底（如布达拉宫壁画），再涂上酥油，故不易脱落。或在墙上打磨光滑后，涂牛胶调和的白木作底，再施彩绘。如拉萨三大寺，扎什伦布及萨迦寺等处。

附　四川羌族建筑

羌族是我国民族大家庭中具有悠久历史的民族之一。四川西北部阿坝的茂汶一带即为羌族聚居地区。这里地处青藏高原的东北边缘，羌族人民在长期的生活、生产实践中创建了具有民族特点的建筑，羌族建筑自成体系、独具风格，特别是住宅类型丰富多彩，积累了一套较为纯熟的建

1）"独那"，藏语。用一种黑土，混合藏清油制成的油泥，热软冷硬，用来把铜版嵌在木板上固定成型。

2）泥金：是先将黄金锤打成薄碎片，加进一定量（通常为1:5）的水银，放置在坩埚中在火炉上加热，直至黄金被水银溶解，冷却后制成的赤色熟金，便称"泥金"。

3）光油：是用桐油加"陀生"（铅脚子）和"土子"（植物）调合而成。

筑技术经验，在历史上对四川地区的藏族民居建筑有较多的影响。与此同时羌族建筑也吸取了汉、藏民族的建筑技术经验。羌族人民在岷江上游及其支流河谷两岸的高山、半山上，建起一些集居寨子，其规模大小和分布情况随耕地而定：耕地集中则寨子规模大而密集；耕地分散则寨子小而稀疏。

寨子的建筑多适应山地地形，布置比较自由灵活，一般都顺等高线或垂直等高线排列，均以适应各种复杂地形和考虑生产、生活和减少土石方量为准则，成为山地建筑群布局的良好范例。

在寨子中以往还建有高达数十米的土筑或乱石墙砌筑的碉楼。在位势险要的地方设置寨子入口，并常建有过街楼式的“魁星庙”，起防御的作用。寨内密集的住宅建筑依山重叠，常建于20°—50°的陡坡上，多采用错层、叠落等手法，呈阶梯状，居住房屋主要由牲畜圈、照楼、贮藏室等组成生产用房；由灶房、卧室等组成生活用房。一般均为三层楼房，底层作牲畜圈；二层设正房、灶房、贮藏间、卧室，为家庭生活的中心，顶层靠后处突起一排敞廊，称为“照楼”，它与前面的平屋顶构成农业生产活动的晾晒操作场地（图11-1-40）。外墙较少设窗，而在屋顶留出小孔用来采光和通风。二层的正房空间高敞，层高达4—5米（图11-1-41），还有的在正房内设置“火塘”，在墙上设有壁柜和嵌入式床位，灶房设

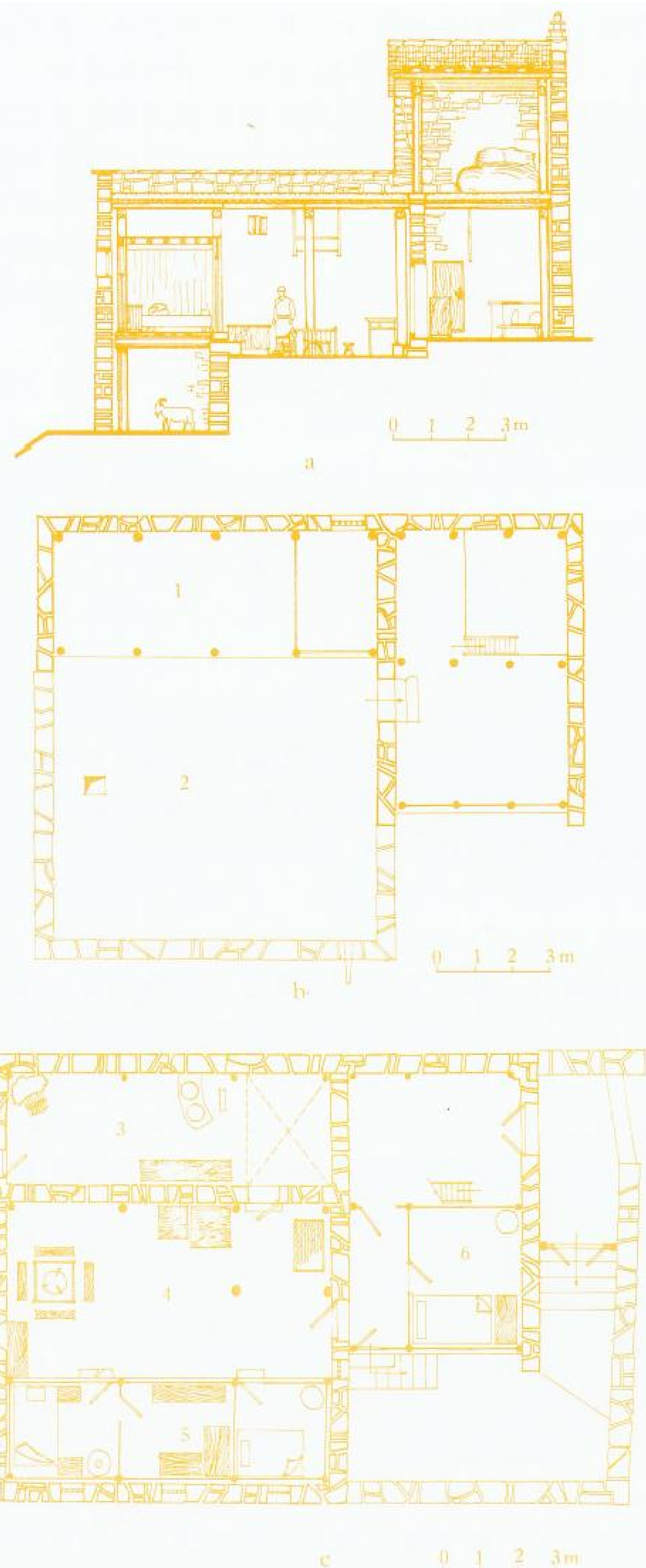


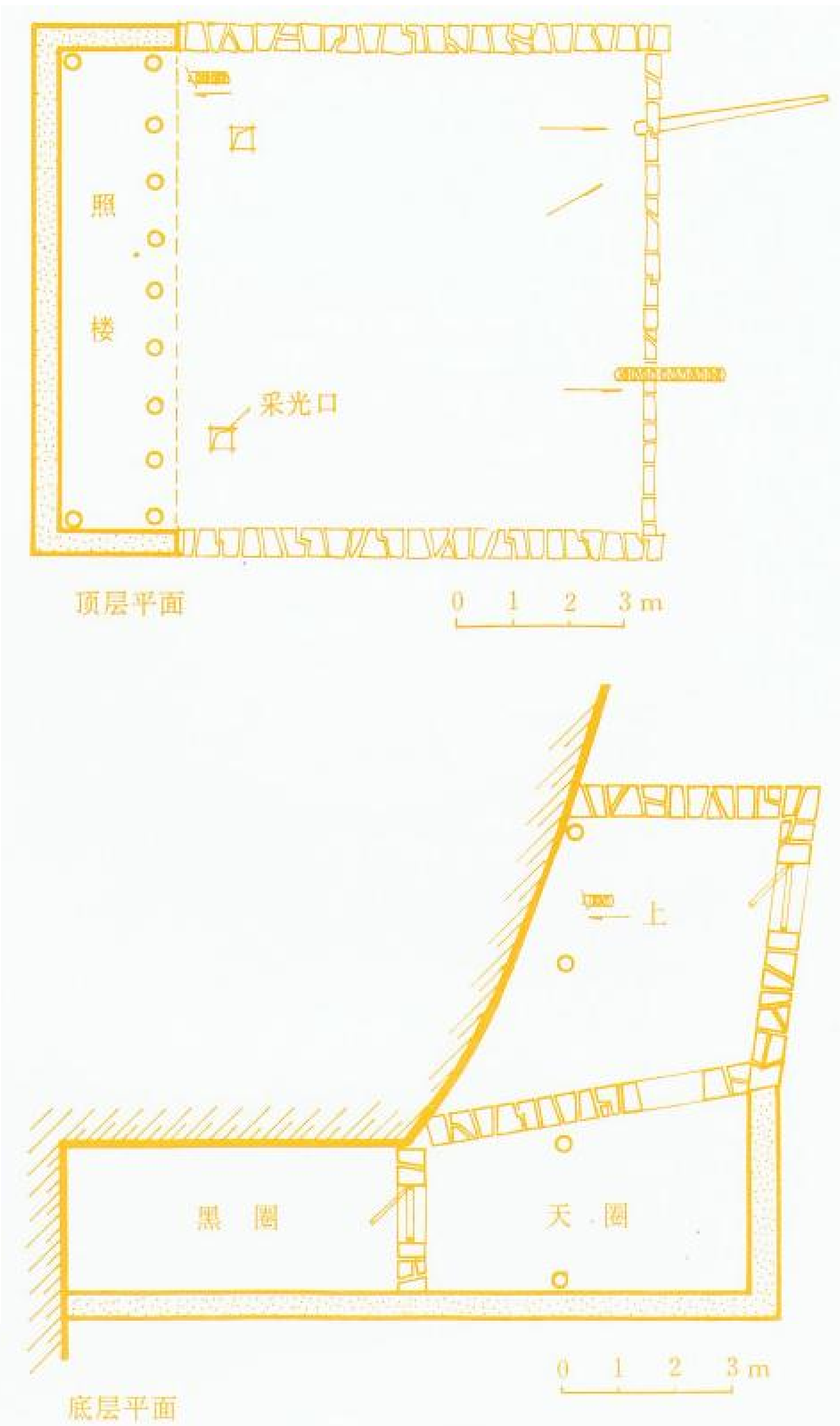
图11-1-40 （1）四川茂汶县绵虒乡汪宅平面、剖面图

a.剖面；b.顶层平面；c.二层平面

1.照楼；2.屋顶晒坝；3.灶房；4.正房；5.贮存；6.卧室



图11-1-40 （2）四川茂汶县绵虒乡汪宅外观透视图



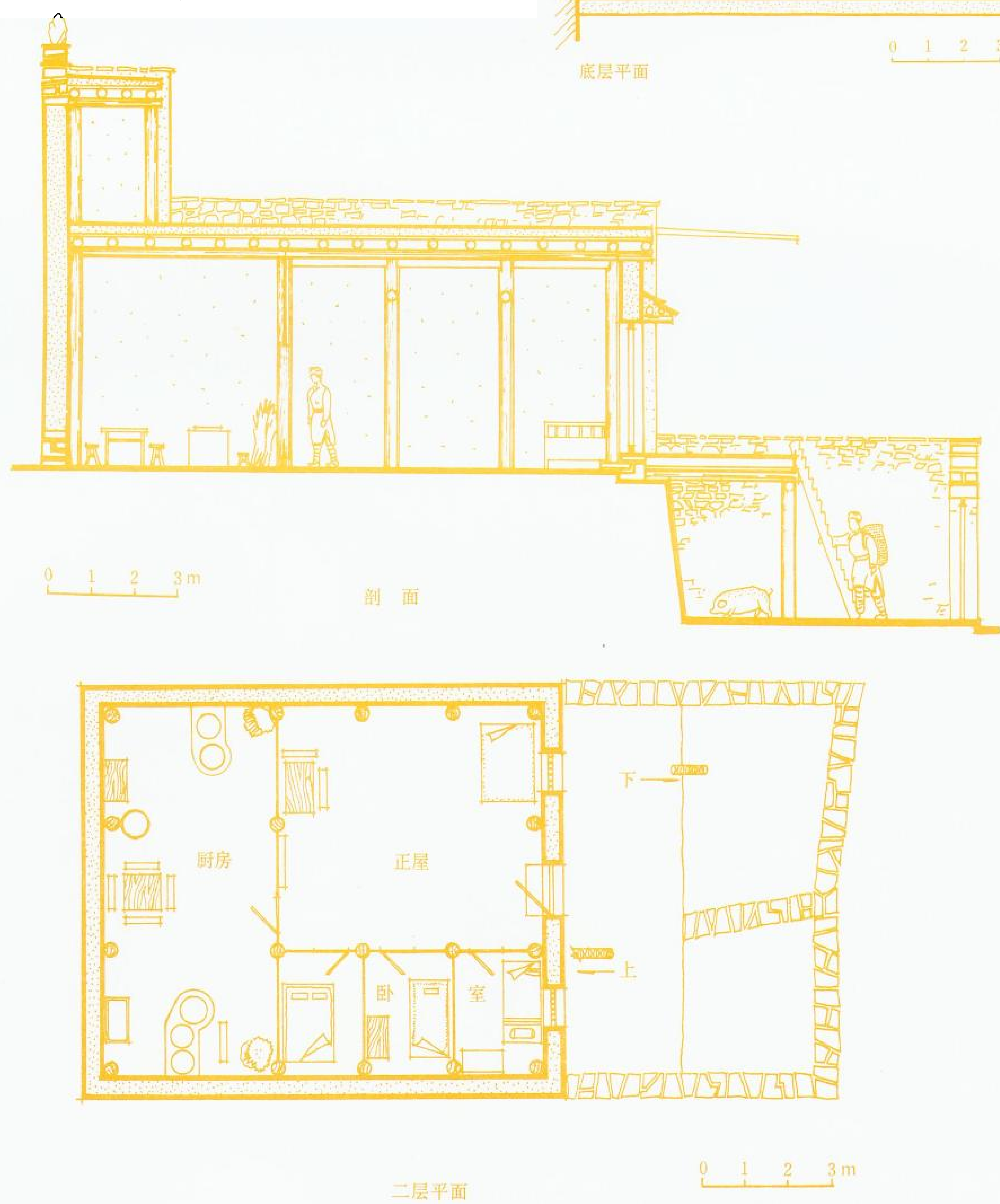


图11-1-41 （1）四川茂汶县雁门乡袁宅平面、剖面图

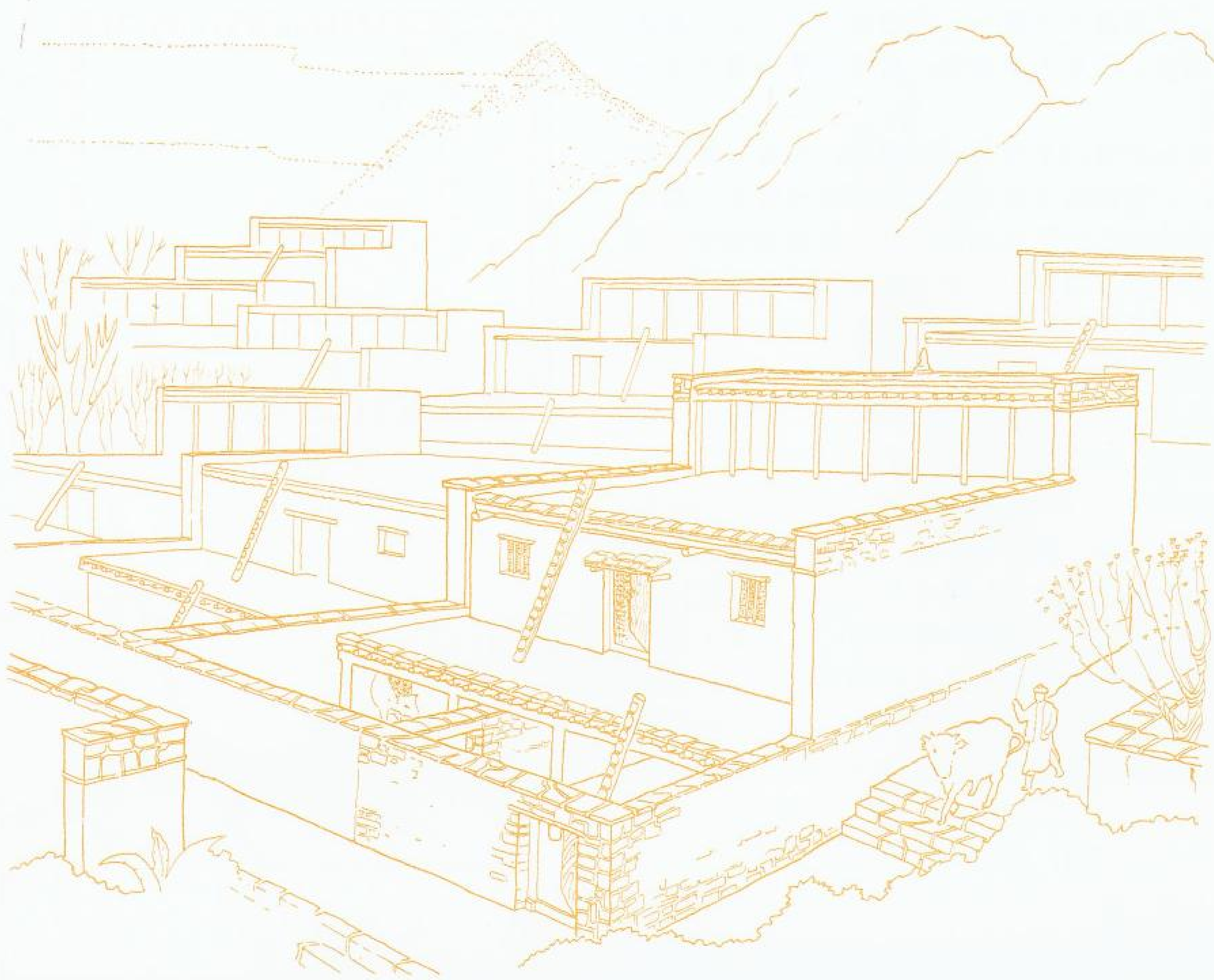


图11-1-41 （2）四川茂汶县雁门乡袁宅外观透视



图11-1-42 四川茂汶县龙溪乡黄宅外观透视

于正房的后面。羌族建筑还吸取了汉、藏民族建筑的优良传统，因地制宜地修建挑廊吊楼、分层进出、组织不同功能的院落和扩大居住空间等创建了多种多样的民居建筑，有些住宅附岩爬坡修建，将猪圈移出附于一侧，平面紧凑，联系方便（图11-1-42）。有的住宅为了争取空间，在房屋正面排外廊，并利用附坡修建房屋，使之层层叠落，在各层室外不同标高上，组成屋前院坝和屋侧菜园，更为突出的是在某些附岩建造的房屋内，为了适应山陡地窄的情况，就向岩壁争取空间，从岩壁中开挖出联系上下层的隧道，形成罕见的楼梯间。

羌族建筑都是就地取材，当地山区河谷到处都有天然块石、山砂和粘土，加以附近有森林，所以民居建筑的外墙都用具有保温防寒功能的土筑墙或乱石墙，有的土石兼用。石质为花岗岩，质地坚硬。乱石墙用黄泥浆砌，内面平直，外面收分。土墙分层夯筑，不作收分。房屋内部多为木板隔墙，木柱木梁承重，企口木板楼面。平屋顶用树条、竹笆、黄刺（带刺灌木）、黄泥铺筑而成。整个建筑在隔音防寒上取得了良好的效果。

羌族民居外表简朴，在大门上设置垂花雨罩，墙面为土石本色，檐口用石板覆盖，并挑出少许滴水线脚。厚实稳定的土、石墙面与本色的木质材料相配合，并与周围的山木相映衬，给人以素雅的感觉，加以充分结合地形，错落有致的建筑形体和依山筑室组成院落，陪衬着高耸的碉楼，构成了羌族建筑的独特风格。羌族在乱石砌墙方面技艺精湛，对这个地区的藏族建筑有较多的影响。羌族人民通过长期生产劳动中建造的羌族建筑，其建筑技术经验与成果是我国古代建筑优秀传统的一部分。

第二节　蒙古族建筑

内蒙古自治区是一个幅员广大、土地辽阔的地区，阴山山脉横贯其中部，黄河河套流于南境，水草丰美，牛羊驼马都有大量的出产。全区共有十几个少数民族，蒙古族人口最多，自古以来，过着游牧生活。清代蒙古族封建贵族，大兴土木，建造王宫府第，同时提倡喇嘛教，在各旗（相当于县）兴建喇嘛庙。在封建牧主统治下，阶级对比十分鲜明，建筑上有悬殊的差别。喇嘛庙大部分是清朝康熙、乾隆年间建造。蒙古喇嘛庙建筑接受了藏族文化，又吸取汉族文化，将汉、藏建筑风格揉合一起，在建筑造型上有许多创造，在建筑工程技术方面也吸取汉藏的技术做法。

蒙古族的居住建筑，有蒙古包、汉式房屋和王府大宅。蒙古包按特点来分，有适用于游牧生活的移动式蒙古包，还有一种固定式蒙古包。从建筑材料及建筑形制来看，全区大致可分三条建筑地带：

固定式房屋建筑带。沿自治区南部边界分布，这一带大部分是汉族居住，属汉式房屋。在这一建筑带以东，接连辽宁、吉林、黑龙江三省，建筑形式属于东北房屋式样；在中部地区的多伦、集宁、呼和浩特、包头一带地方接连山西、河北、

陕西，建筑形式属于山西式样；在西部阿拉善旗巴彦浩特隔贺兰山与宁夏相接，建筑形式属于宁夏式样。

中部混合式建筑带。这是汉蒙杂居区，也是半农半牧区。自东部通辽经保康、开鲁、林西、大板、多伦、玫瑰营、乌兰花、百灵庙、陕坝至巴彦浩特，连成一条混合建筑带，大都是土平房，夹杂一些蒙古包。这些住宅房屋有蒙古族居住，也有汉族居住。封建统治者的王府大宅，都建筑在城里或者是在旗所在地。其建筑形制大部分都采用汉式。

蒙古包分布带。在阴山山脉以北，东至呼伦贝尔盟，西迄巴彦诺尔盟的广阔草原牧区。

一　喇嘛庙建筑

喇嘛教是佛教密宗的一派，起源于西藏。元代由西藏传播至青海、甘肃、内蒙古。元世祖忽必烈称帝，奉喇嘛教为国教，清代统治者继续提倡喇嘛教。清代初年，达赖喇嘛来到北京，封为“西天大喜自在佛”，总管喇嘛教。当时章嘉呼图克图第十世在青海，亦请入北京，封为“大国师”，开始创建内蒙古喇嘛庙。据清朝末年统计，在呼和浩特及各盟旗建立喇嘛庙达一千多处。

喇嘛庙建筑大体分为三种形制，一种是西藏式，一种是汉式，一种是汉藏混合式。西藏式喇嘛庙有两种：一种是全组建筑都做成西藏式样，一种是一组庙宇中只有主要建筑做成西藏式，例如大经堂建筑，平面呈方形，殿内柱子排列整齐。贺兰山福因寺大经堂有 95 间，规模相当大（图 11-2-1）。屋顶做平顶，施女儿墙。外墙为承重墙，墙体甚厚，并砌出较大的收分（图11-2-2），墙开藏式方窗，四周涂以黑边，上窄下宽，给人以稳重的感觉，并在女儿墙的周边增加一些棕色和黑色的装饰。如五当召（图11-2-3）、葛根庙、萨尔沁召、三德庙以及四子王旗喇嘛召小经堂（图11-2-4）等，均为藏式代表。汉式喇嘛庙，基本上采用汉族庙宇的式样，大经堂和佛殿都做成楼阁式，歇山重檐顶。从建筑外观上看，除法轮等喇嘛教装饰外，和普通汉族庙宇基本相同，以扎萨克召、贝子庙（图11-2-5）、乌审召、多

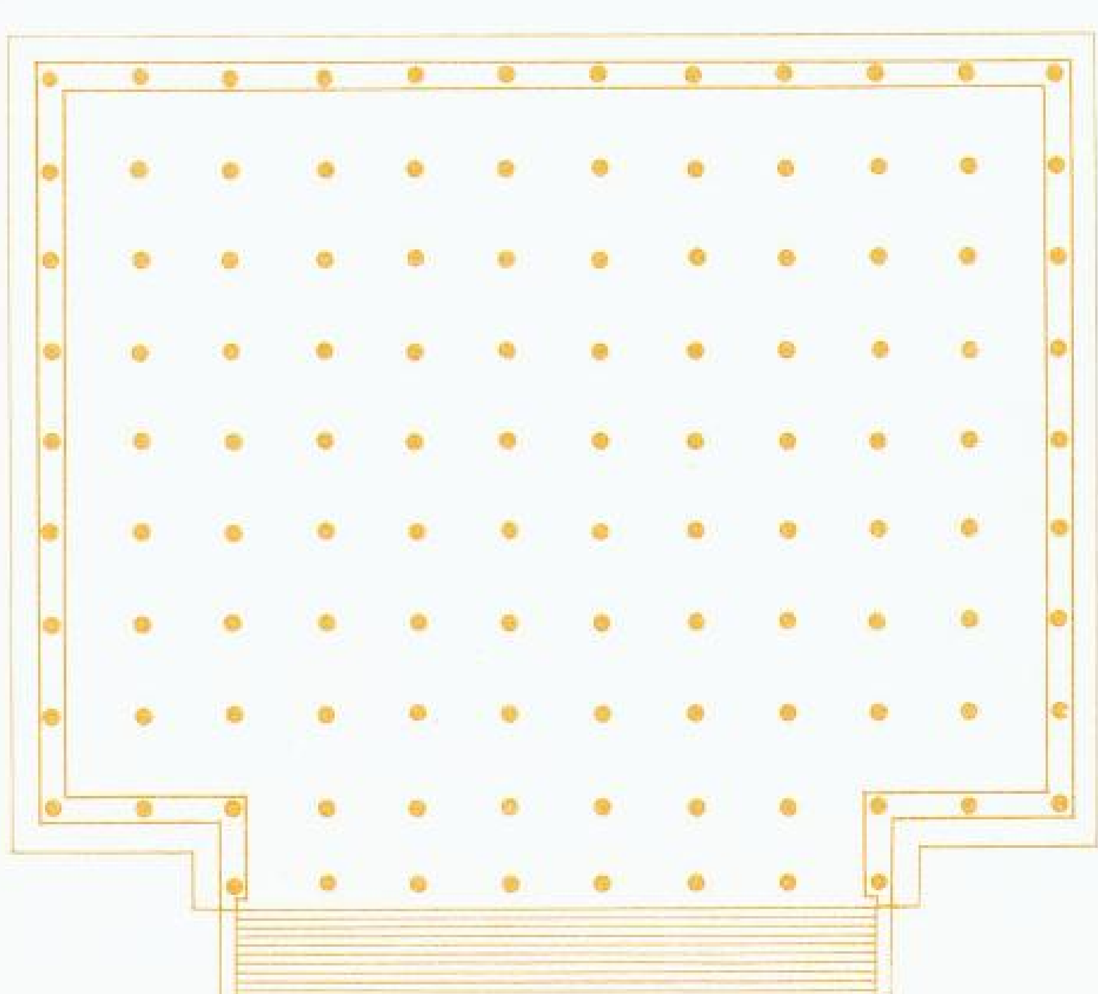


图11-2-1　贺兰山福因寺大经堂平面示意图



图11-2-2　包头五当召（广觉寺）外观

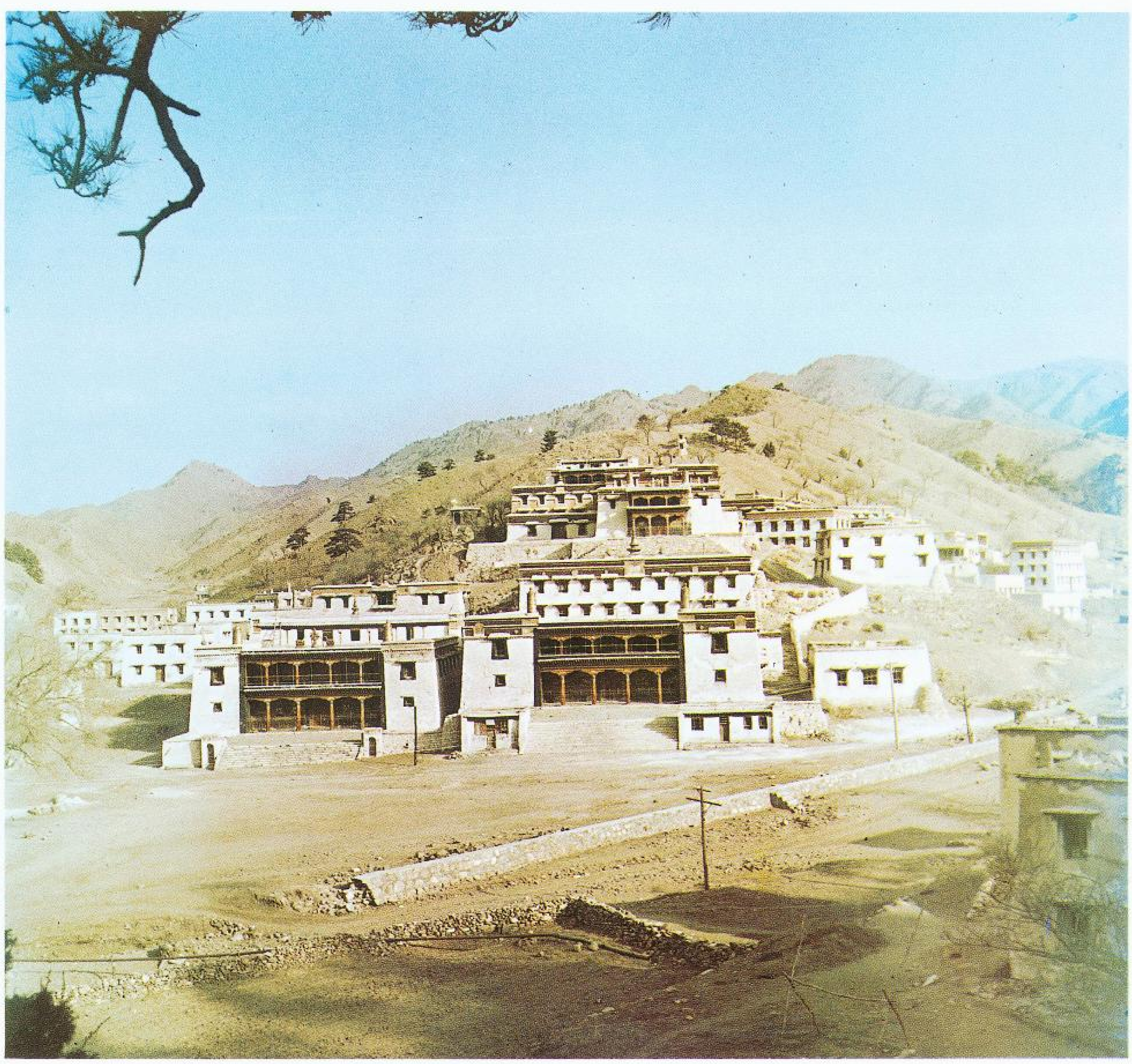


图11-2-3　包头五当召（广觉寺）全景

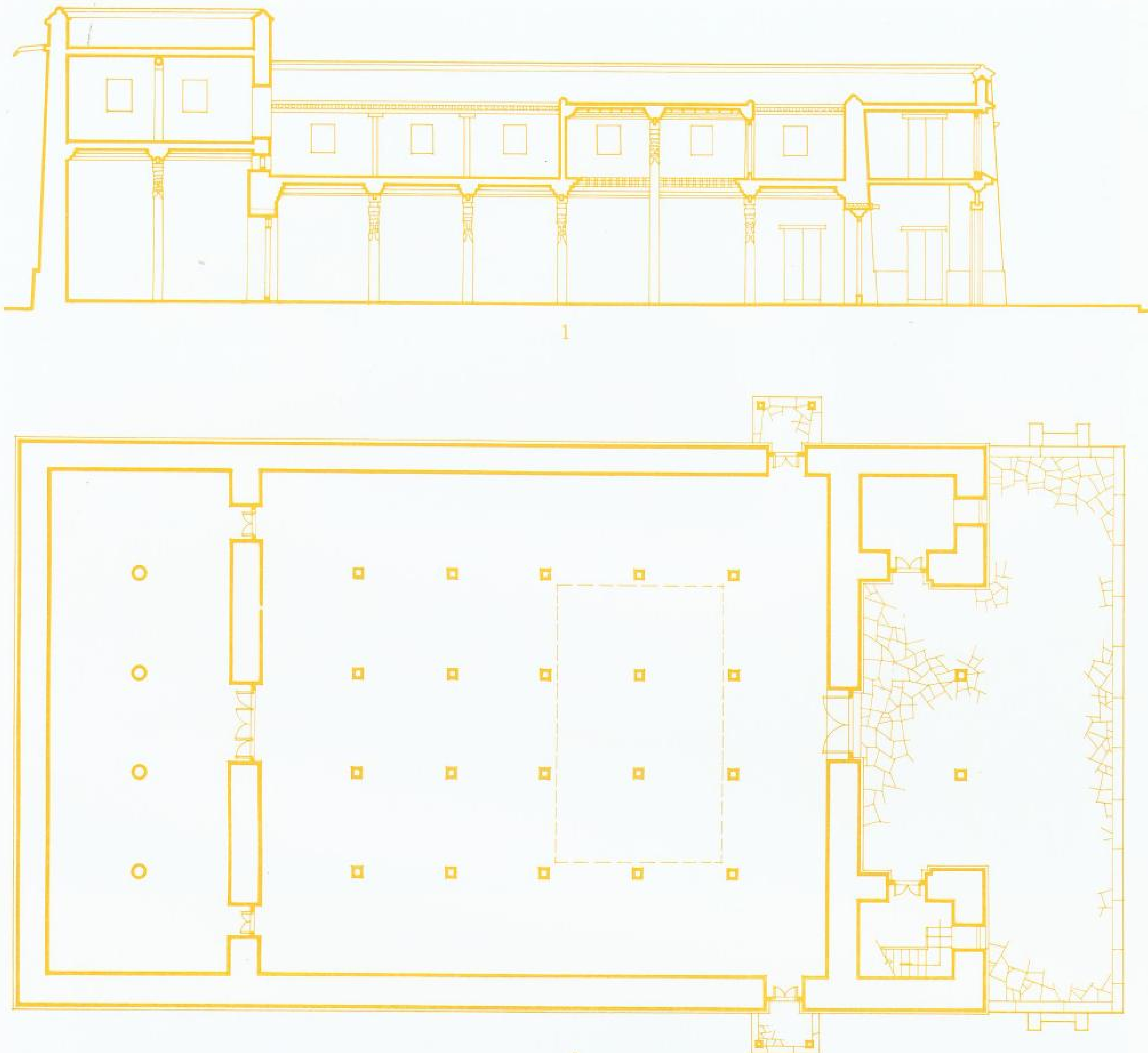


图11-2-4 四子王旗喇嘛召小经堂平面及纵断面图
1.纵剖面图；2.平面图



图11-2-6 包头昆都仑召山门

伦诺尔汇宗寺、善因寺、昆都仑召（图11－2－6）为代表。

汉藏混合式，基本上以藏式建筑为主，在藏式建筑上做出局部的大屋顶，如采光通风部位，或者是正殿的中间，有的正门处建造汉式建筑，但是正殿的殿身仍做藏式，总之在一座建筑之内，两种形式结合在一起。还有一种庙宇，在一庙之内正殿做汉式，其他建筑做藏式，例如贺兰山广宗寺、福因寺（巴彦淖尔）、延福寺（巴彦浩特）、准格尔召（准格尔西旗）、百灵庙（达尔罕茂明安联合旗）、喇嘛召（四子王旗）、莫力庙（通辽）、席力图召（呼和浩特）、乌苏图召（呼和浩特）、额木齐召（呼和浩特）、巧尔齐召（呼和浩特）等都是汉藏混合式的代表（图11－2－7）。

至于喇嘛庙的总体布局，无论何种式样，都是许多殿宇组合起来构成一组建筑群，多伦诺尔善因寺就是这样（图11－2－8）。



图11-2-5 锡林浩特贝子庙第二庙平面图



图11-2-7 （1）四子王旗喇嘛召大经堂外观



图11-2-7 （2）达尔罕茂明安联合旗百灵庙（广福寺）大经堂总平面及纵断面示意

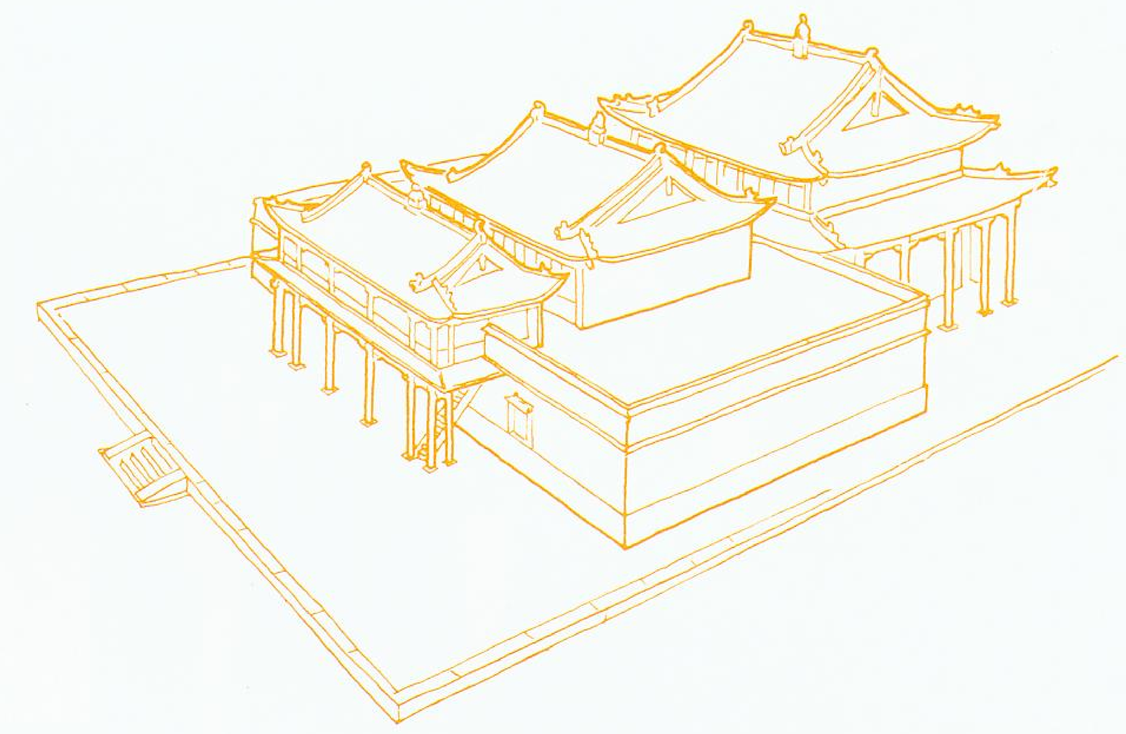


图11-2-7 （3）达尔罕茂明安联合旗百灵庙（广福寺）大经堂外观透视

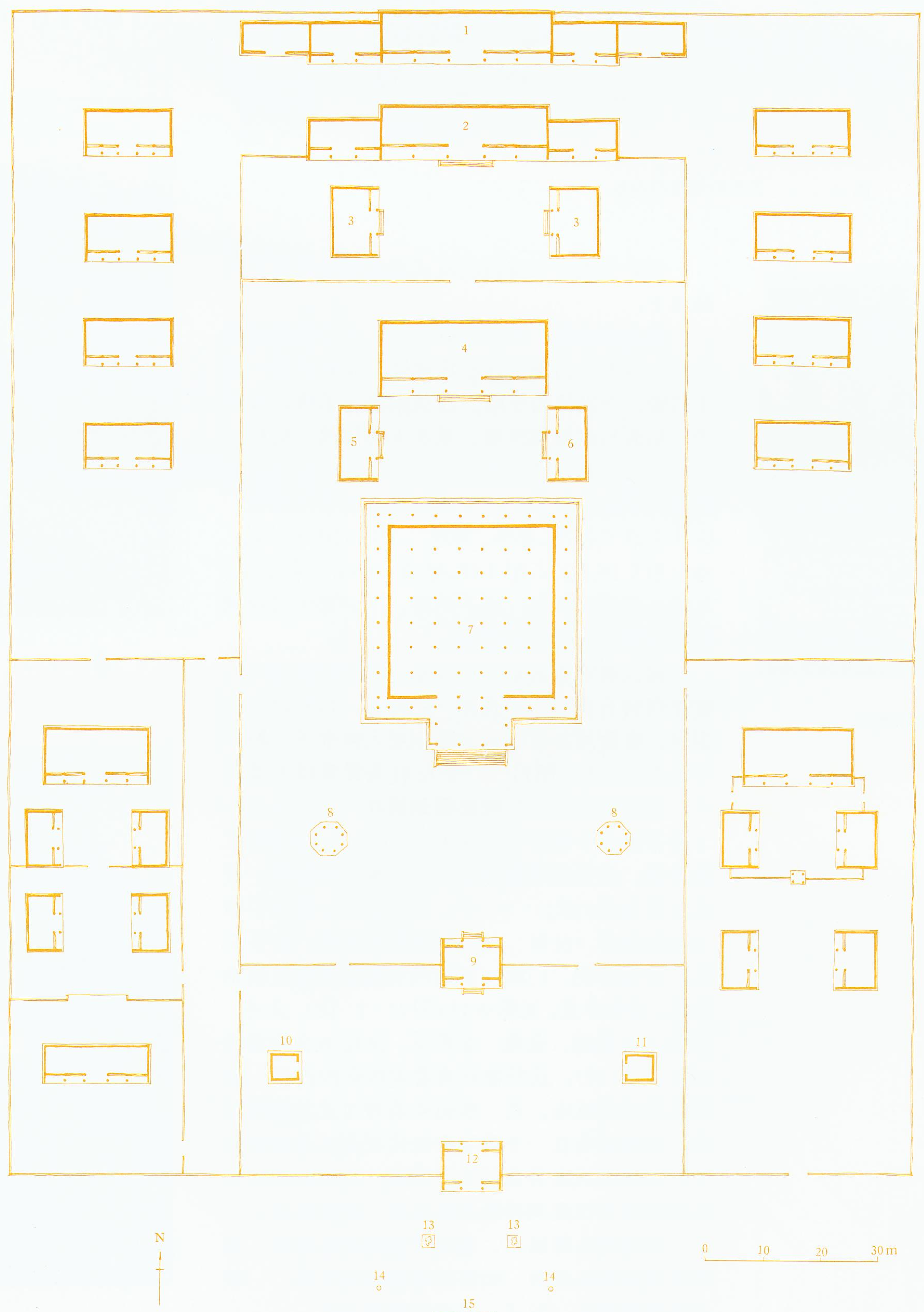


图11-2-8 多伦诺尔善因寺总平面图

1.佛经楼；2.方丈；3.客堂；4.后佛殿；5.西配殿；6.东配殿；7.大经堂；8.碑亭；9.天王殿；10.钟楼；11.鼓楼；12.山门；13.狮子；14.旗杆；15.影壁

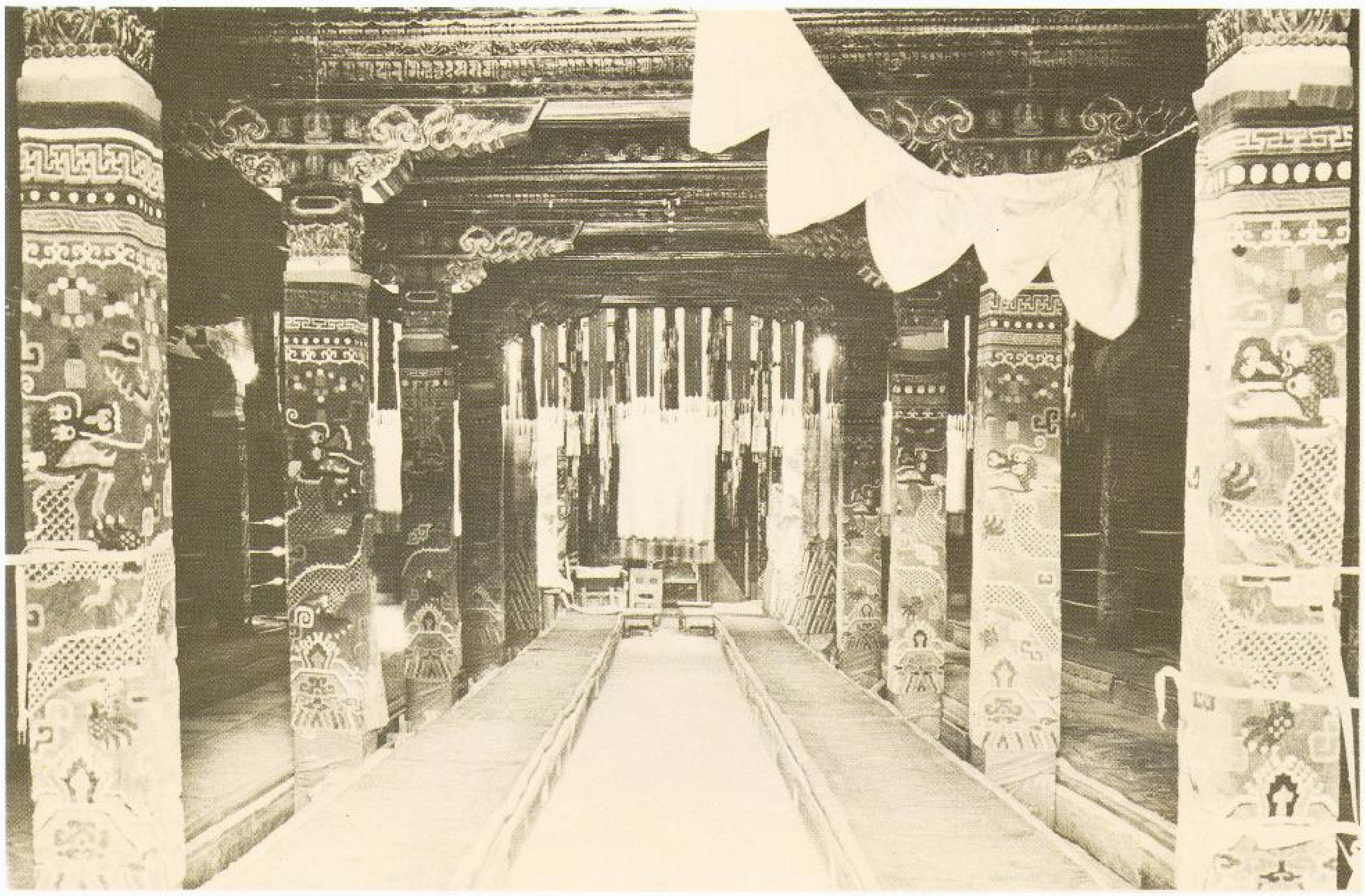


图11-2-9 五当召活佛府内景

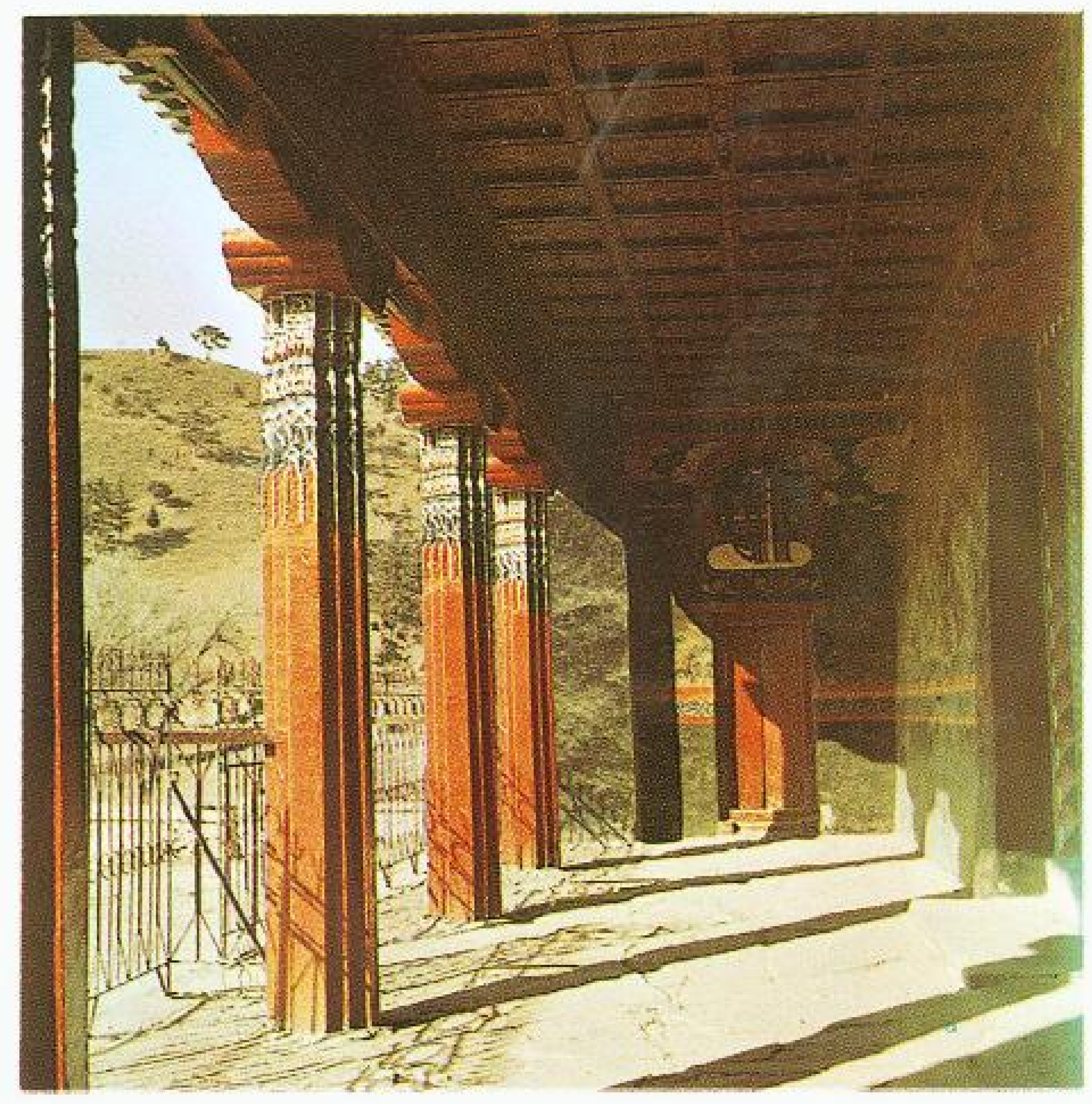


图11-2-12 （1）包头五当召大殿柱廊装饰

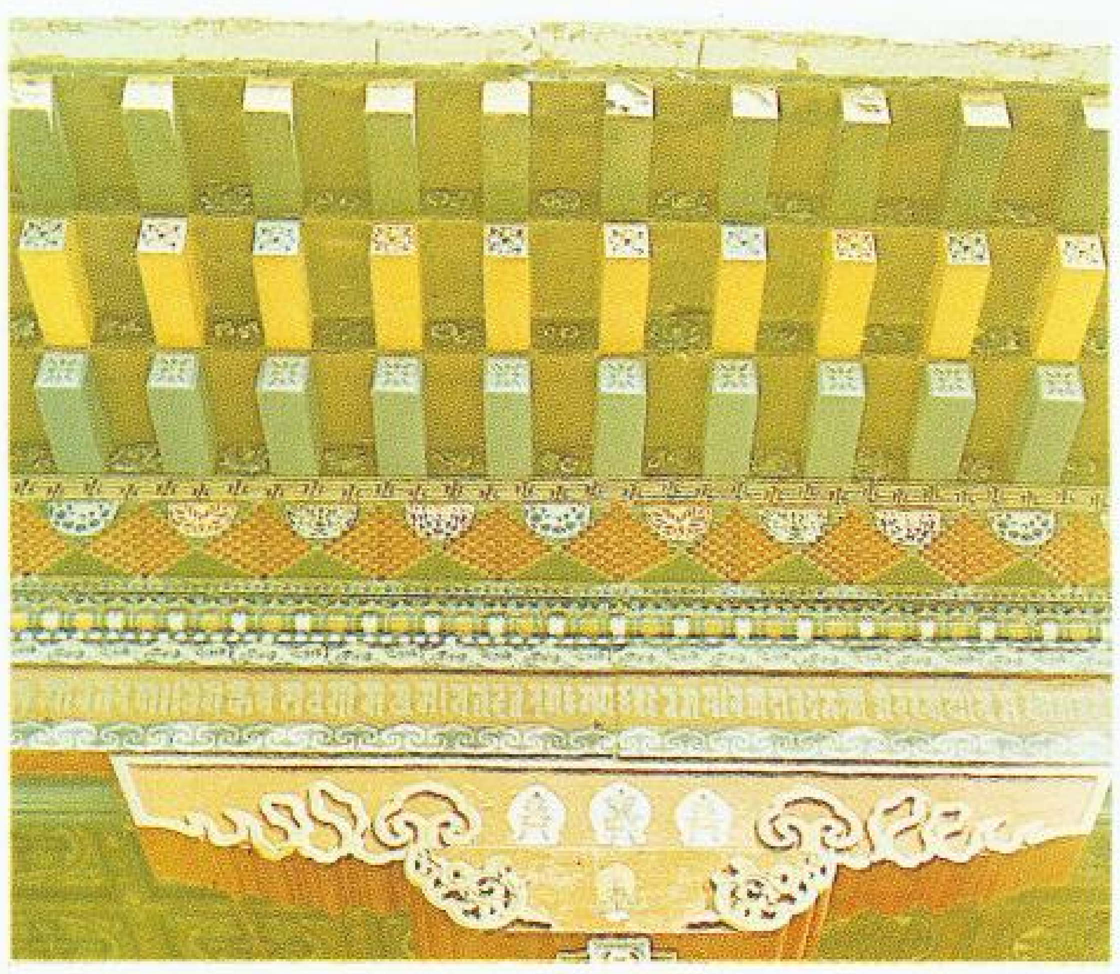


图11-2-10 包头五当召大殿檐部



图11-2-11 呼和浩特席力图召砖墙及披檐

内蒙古地区所建造的汉式建筑的构造技术大致如下：

有的做台基，有的不做台基。有台基的均用砖砌，或者边沿部分用石块砌筑。墙壁做法一般用砖墙，个别的用土墙。汉式喇嘛庙前檐都做廊子，后面与两侧砌厚墙，基本上为柱网式结构。做土坯墙时，在壁心抹白灰壁面，或全部抹白灰壁面。木柱用材细小。汉式喇嘛庙木柱用圆柱，柱头采取平板枋、垫板、额枋三大件的构造方法，枋上用斗栱或者不用斗栱。屋顶式样常用歇山顶，单檐与重檐相结合，檐子单薄，个别部位用琉璃瓦。门窗都用清式木隔扇。

藏式喇嘛庙常常不用台基，或做很高的台子。墙壁用砖石砌时，外表抹一层泥土，再刷以白灰面层。墙面局部做细致的雕刻或大幅壁画。殿内木柱多为方柱（图11-2-9），柱头置宽厚的横替木，层层垫起来，到檐部雕刻横枋，上部承2—3层方形椽子和飞子（图11-2-10）。一般建筑只做平顶，重要建筑做出女儿墙。窗子用方格，窗顶上有披檐（图11-2-11）。五间殿宇，常以中间三间做外廊（柱廊），两梢间做实墙面，虚实对比，非常鲜明。门廊柱和殿内天花板为重点装饰部位，用色丰富，光彩夺目（图11-2-12）。此外，屋顶上有金幡、金鹿、金羚羊、法轮寺金属饰件（图11-2-13），这些都代表着喇嘛庙的特点。汉藏混合式喇嘛庙，在一些庙中兼有汉式和藏式式样，甚至还有在一个殿宇中既体现藏式又体现汉式。如用藏式殿身和汉式大屋顶，也有的构造作法和装饰将汉藏两种形式混合在一起的例子。

在喇嘛庙范围内，建有大量的喇嘛住宅。其位置在喇嘛庙近旁。喇嘛住宅的建筑形式，一般也是采取藏式、汉式，或者汉藏混合式。

藏式喇嘛住宅，是简单的独立式的矩形平面房屋，平顶，由单层到二层、三层不等。入口和

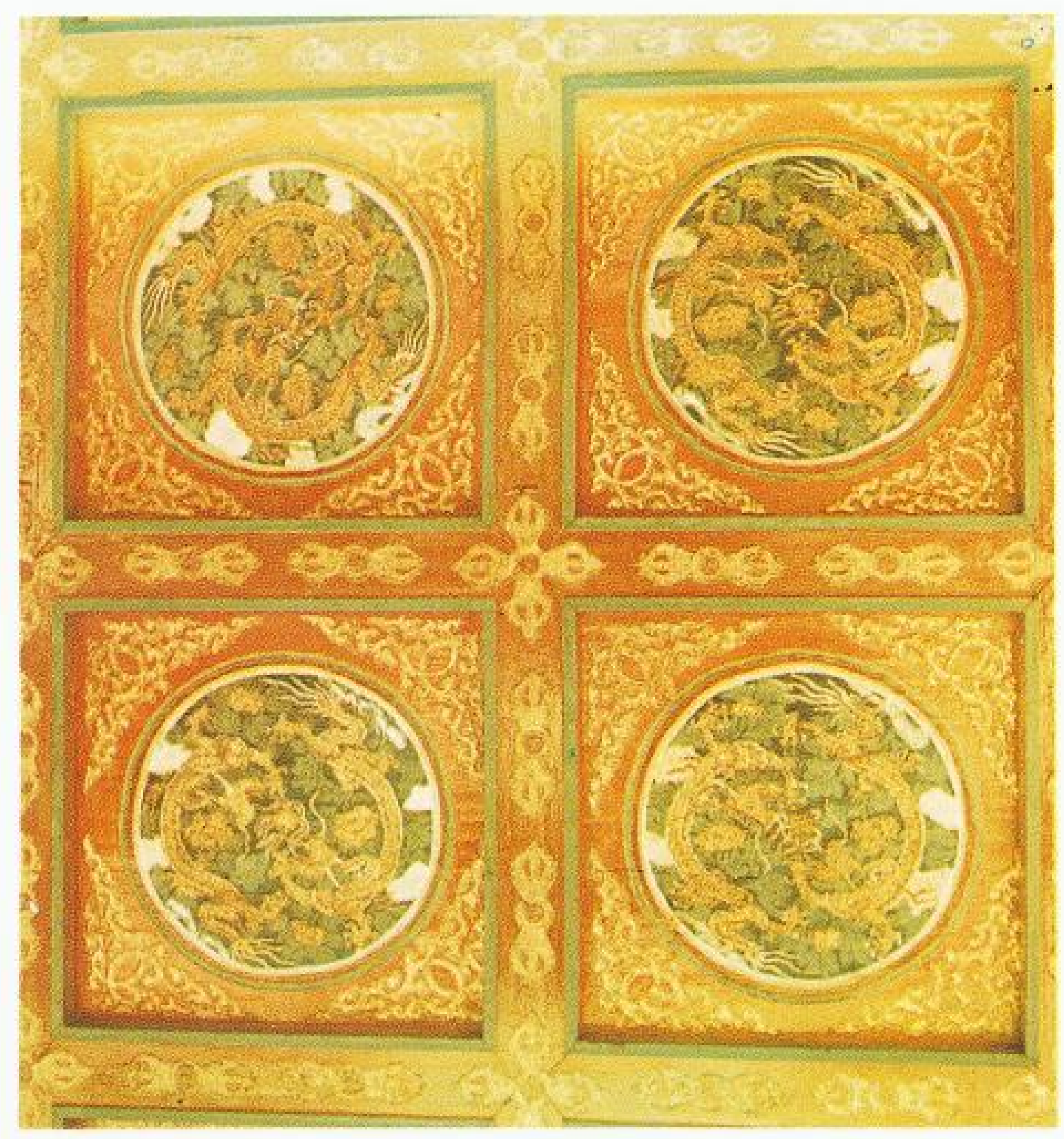


图11-2-12 （2）包头五当召大殿天花板

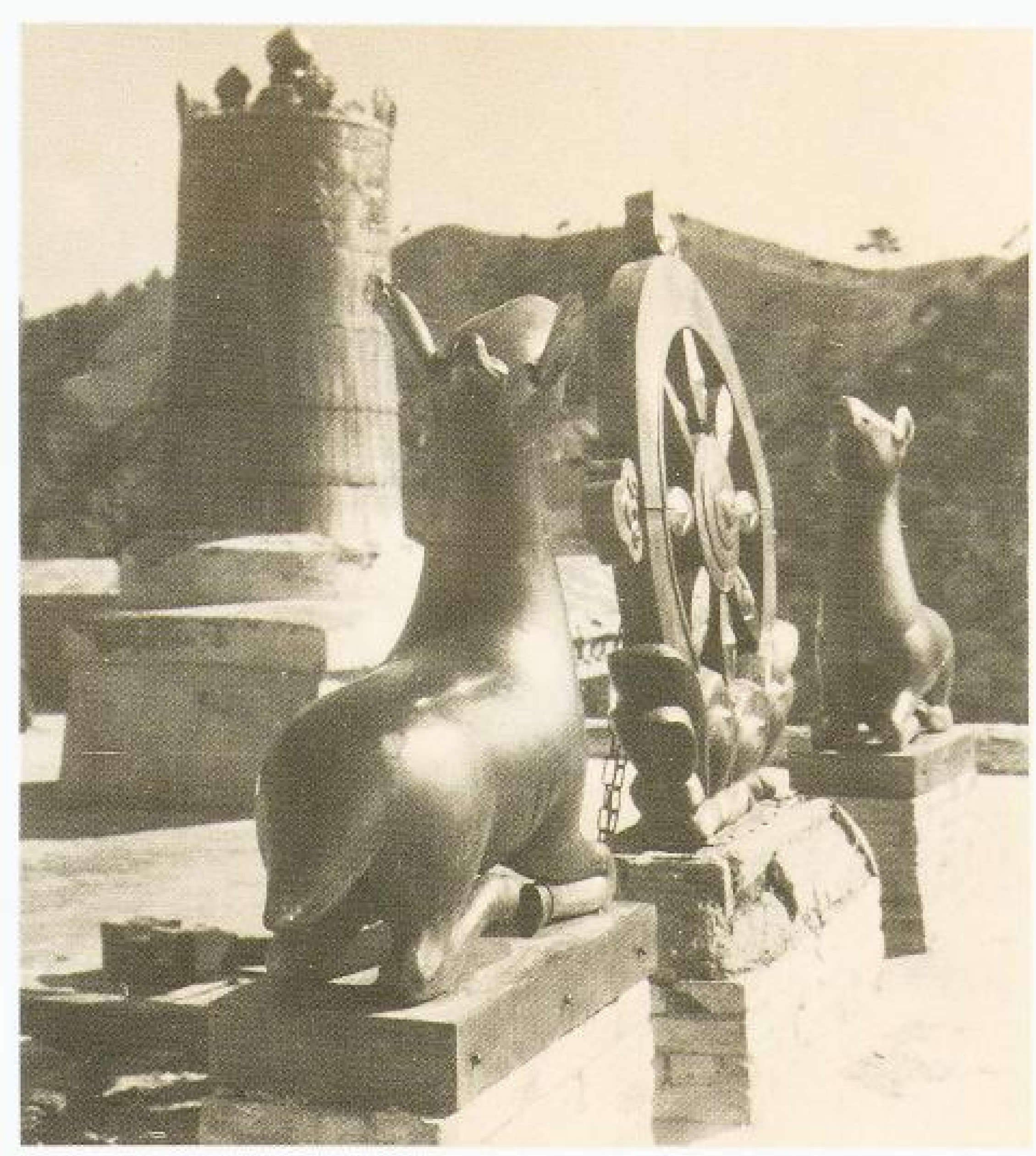


图11-2-13 四子王旗喇嘛召大经堂顶“金鹿听经”及“经幡”

门窗做成藏式风格。汉式住宅则采取三合院、四合院形式，每栋以四间为最多，前端有外廊或无外廊，台基用砖石材料砌成，墙壁以土墙为主，间或用砖石材料；墙面涂泥、抹白灰；屋顶有卷棚顶、双坡顶和平顶数种。

喇嘛住宅的样式和做法，往往和邻近地区相同，例如东部近于东北住宅做法；中部近于河北、山西、陕西做法；西部近于宁夏、甘肃的做法。

二　蒙古族居住建筑

蒙古族从历史上形成了三种居住建筑，一为蒙古包，二为汉式房屋，三为王府大宅。

（一）蒙古包

蒙古包用毛毡覆盖，故也叫“毡包”，或者叫“毡房”，它是蒙古族固有的居住方式。蒙古包的历史很早，据记载可以推到汉代。它的质量随使用者的经济情况而决定，一般一户只有一个蒙古包，而大牧主最多可达二十至三十个蒙古包。封建统治者的蒙古包宏大、洁白，包上覆着吉祥纹样，进门处建有汉式门屋。

蒙古包的特点首先是结构轻便简单，墙壁用预先编织好的木条方格（“哈那”），包顶用固定支架，天孔周围覆毛毡。蒙古包体积的大小可根据人口多少来决定。它架设简便，一般半小时左右即可架设完毕。蒙古包存在的问题是，包内空气不甚流通，排烟不流畅；冬天采暖仅靠一个火架子，包内寒冷；席地而卧，需垫毛毡，2—3年就得更换，需耗费大量羊毛地毡。

架设蒙古包首先要选择地势。蒙古族居住沙漠和草原，依靠经营牛羊驼马作为主要经济来源，因此必须挑选水草丰富的地区。由于气候的变化和雨量的多少影响牧草生长，牧民们要根据水草情况决定迁移方向。夏秋两季移居次数最多。夏天的迁移多在六月，要选择地势高爽、绿草丛生的地方；秋天的迁移在十月，选择山腰向阳处或者是低洼的避风地带，近湖边，便于越冬。还要考虑躲避风沙。

牧民对住所移动已成为习惯。拆迁的步骤，首先将毡片卷起，然后将骨架折叠放在驼背或驼车上。往往在一处停留6—9个月，又开始新的迁移。

蒙古包在每处架设的数量，多数是2—3户，也有一处居住10—20户的。冬季聚居程度较高，夏季较分散。

（1）剥削阶级的蒙古包（毡包）

“王爷毡包”：王爷是各旗的统治者，占有大量财富，他们一般居住在蒙汉混合地带，学习汉族居住方式，建造固定房屋。他们占有的毡包数量很多，一户一般都有6—7座，多者可达30多座。有的王爷府在四合院内架设大型蒙古包以备冬日居住，这是一种蒙汉混合形式。

蒙古包的尺度，大的有8—12片墙壁，直径7—8米。最大的直径可达30米。王爷所用毡包除面积、体型特大外，毡片洁白，包顶用黑布或黑毡做出各式蒙古花纹图案，入门处门帘也绣图案。

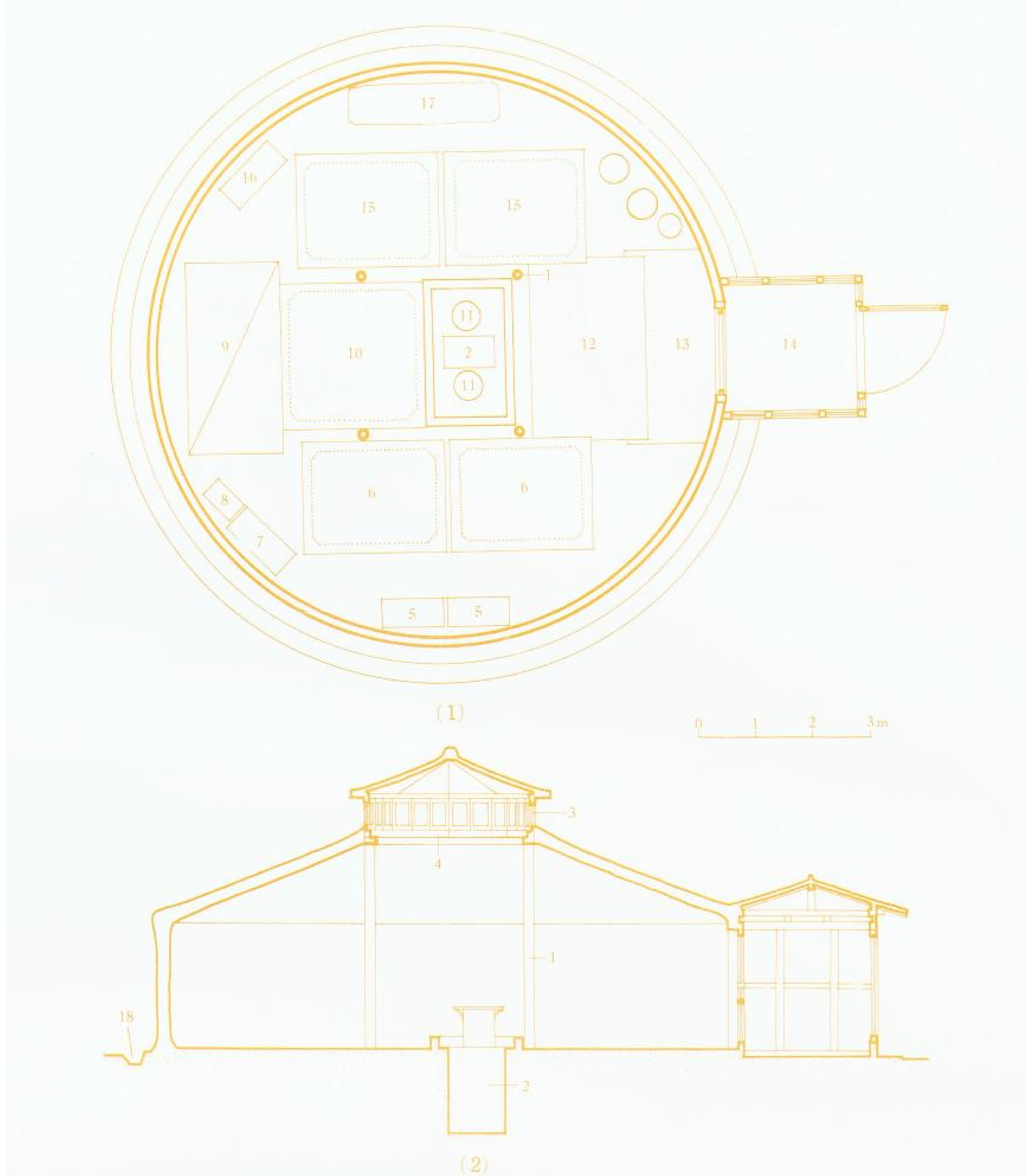


图11-2-14　西乌珠穆沁旗王盖庙“王爷”蒙古包

1.木柱；2.燃料；3.天窗；4.天孔；5.木箱；6.男人席；7.佛坛；8.桌；9.木床；10.主人红毡；11.炉；12.客人坐席；13.入门毡；14.门厅；15.妇人席；16.柜；17.衣被；18.水沟

（1）平面图；（2）剖面图

在毡包的位置上用基石垫起，以防潮湿。同时在入门处加建汉式板屋做为进门的进度空间，如同北方的“门斗”，冬日以防寒风。例如，锡林郭勒盟东乌珠穆沁旗王府的毡包直径达30米，在包内架立通天柱四根，柱上雕饰金龙，可容300人居住。包顶上架起气楼，如圆形重檐式，作采光通风用，可算内蒙古地区最大的蒙古包之一。西乌珠穆沁旗一个王爷蒙古包，直径20米，构造与上述相仿。在入门处接建梁柱木板房屋，油漆绿色，绘以纹样，包顶饰以蒙古族图案。凡王爷蒙古包都是采用驼毛，白毡棕色图案，包内部壁面都挂上壁毡，天棚亦吊挂毡片，利于保暖（图11-2-14）。

喇嘛毡包：内蒙古各大喇嘛庙除了在其附近建造汉式房屋为住所外，还大量地建造蒙古包，称为喇嘛毡包。大体分两种，一种为独立架设，一种架设在四合院内，基本和草原上的蒙古包相同，特点是包毡采用袈裟的颜色，为红棕色调。喇嘛毡包，因为固定不移动，都有垫基，多数采用石块或砖块做基，以防潮湿，所用材料亦较优良，外墙用泥土筑成（图11-2-15）。

在东三盟各旗庙宇中的喇嘛毡包都没有地炕（图11-2-16），地毡用紫红色，有浓厚的宗教气氛。

（2）广大牧民的毡包

移动式蒙古包：是蒙古包数量最多的一种，全部使用轻体木骨架、毡片、驼绳三种材料构成，

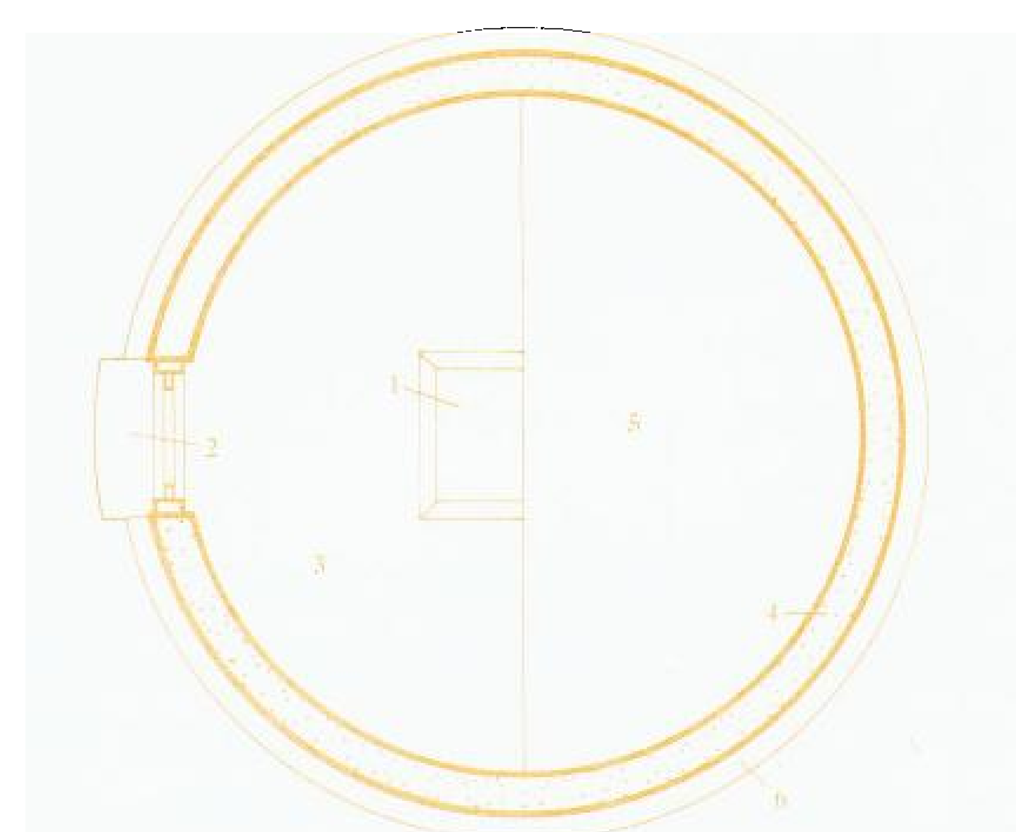


图11-2-15　哲里木盟札鲁特旗固定式蒙古包平面图

1.炉盘；2.正门；3.土地面；4.泥土墙；5.火坑；6.防水坡



图11-2-16　阿巴嘎旗蒙古包火坑烟道平面图
1.炉口；2.火洞；3.木门；4.石台阶；
5.焚火口；6.火坑；7.烟囱

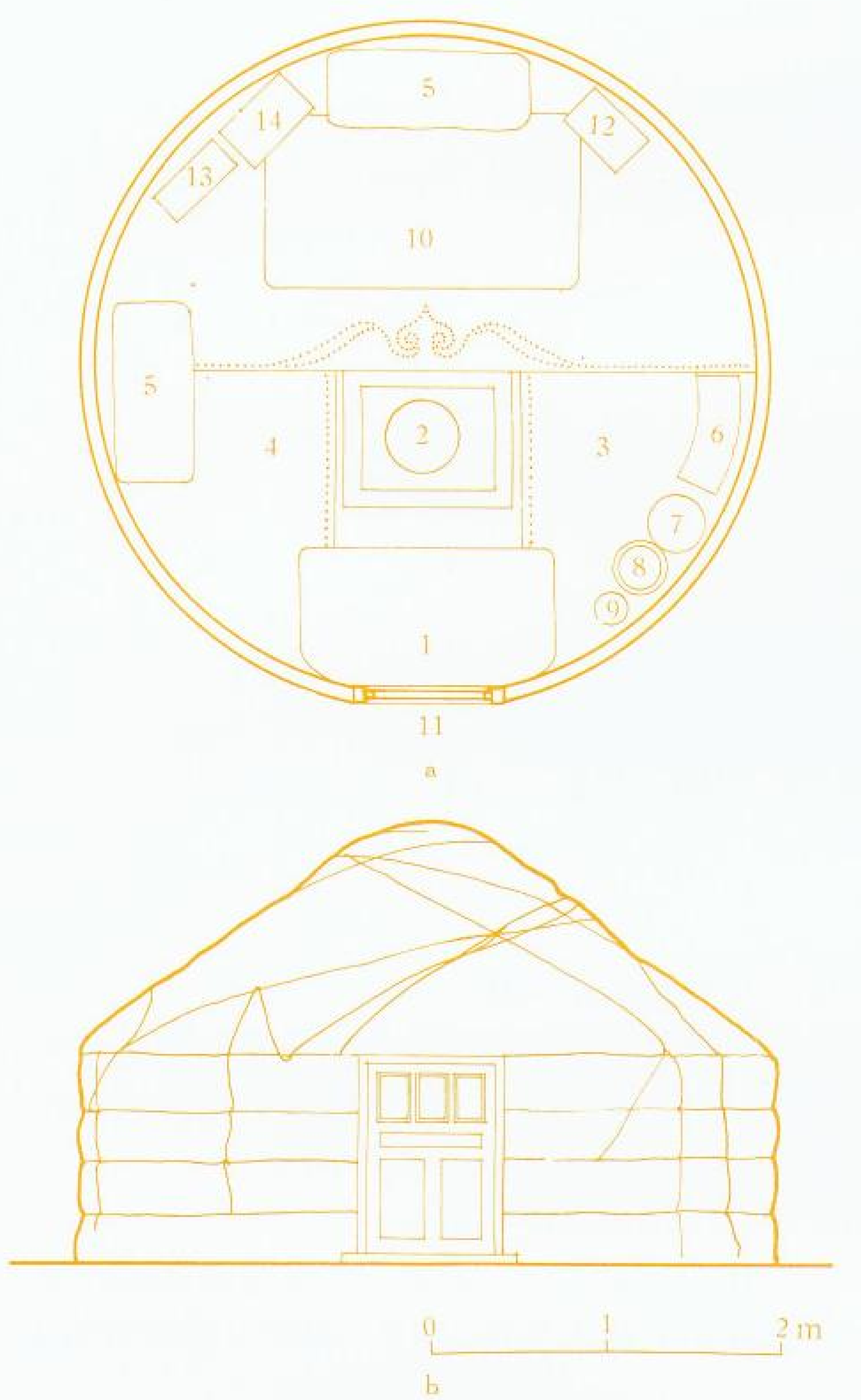


图11-2-17　锡林浩特移动式蒙古包
1.入门毡片；2.火炉；3.女人席；4.男人
席；5.衣被；6.碗架；7.水；8.米；9.缸；
10.主人红毡席；11.包门；12.柜；13.箱；14.佛坛
（1）立面图；（2）平面图

可以随时拆移。使用这种蒙古包的地区有乌兰察布盟的北半部，锡林郭勒盟的全部，呼伦贝尔盟、哲里木盟、照乌达盟的西半部，巴彦诺尔盟的北半部。这些地区都是天然牧场，是游牧生活地区（图11-2-17）。

固定式蒙古包：在内蒙古的流沙地区，沙漠泛滥，所以做固定式蒙古包，在包外建设防沙障。主要分布地区为巴彦诺尔以南地区，锡林郭勒盟以南地区，伊克昭盟地区。这些地区有很高的沙山、沙岭、沙丘、沙坝、沙滩、草原甚少，住户稀少，百里无人烟，只能采取定居放牧。固定式蒙古包与一般蒙古包相似，唯独墙壁用泥墙，沙柳和苇子做顶，顶上苫草或抹泥，不用毛毡（图11-2-18）。

混合居住带，实际上是半农半牧区，如乌兰浩特、保康、开鲁、林西、锡林浩特、多伦、察右前旗、五原、陕坝、定远营一带全部建造土平房和固定式蒙古包。

（二）蒙古包的建筑材料与构造

蒙古包的总体布置根据地势选择，可分三种：一为集合式，二为单体式，三为院心式。

集合式：是草原上各户毡包聚居而成，聚居时依东西方向排列，包与包之间相距2—3米，行列之间以3米为准，包门南向。每处聚居毡包约在10—30户。

单体式：由一个或二个蒙古包组成，草垛、羊圈放在近旁。

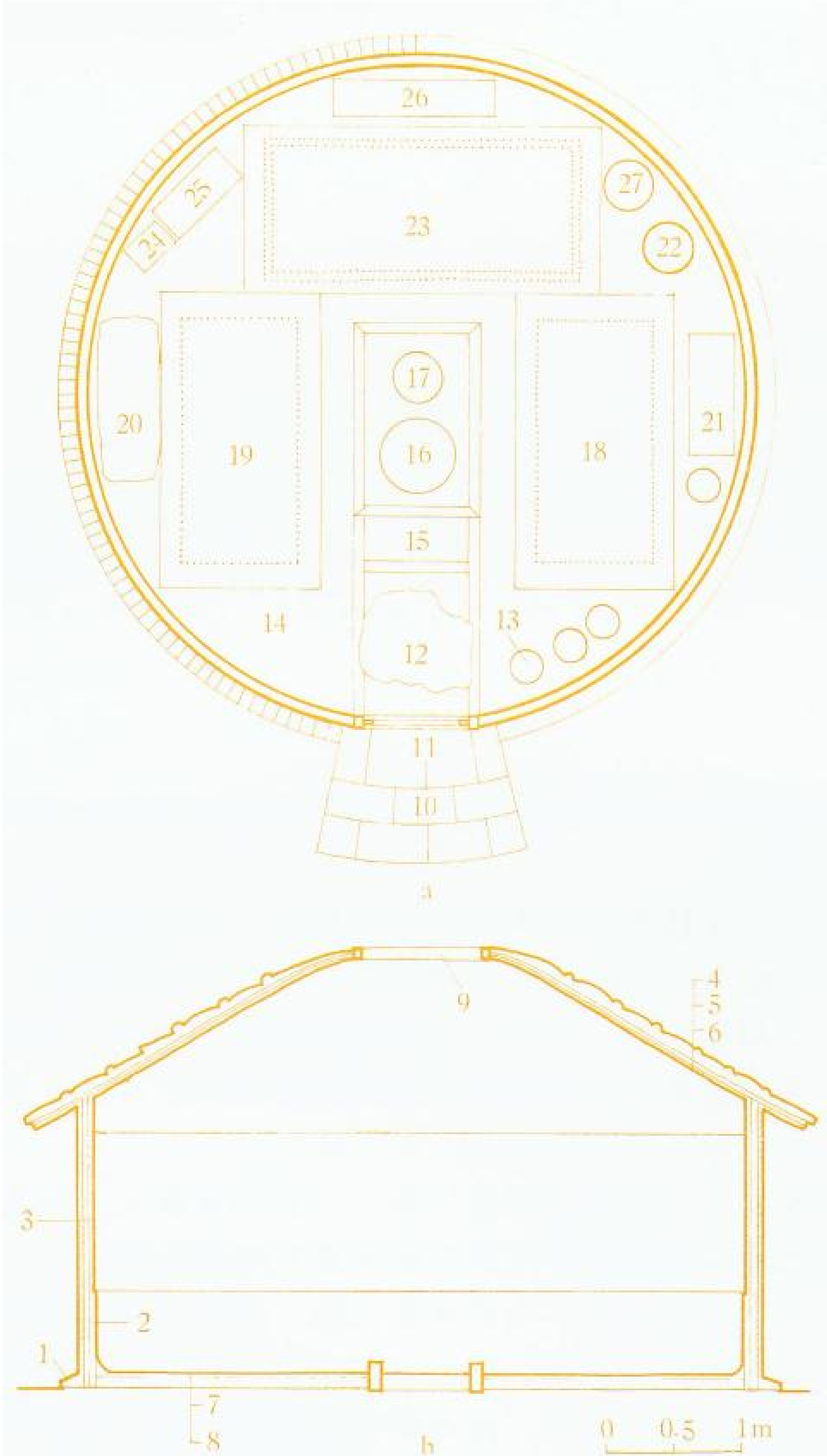


图11-2-18　乌审旗固定式蒙古包
1.砖砌台阶；2.毡子；3.柳条墙内外沙泥抹面；4.沙蒿苫顶；5.柳条帘子；6.羊毡挂顶；7.羊毛毡；8.草泥地；9.天孔；10.台阶；11.包门；12.兽皮；13.水；14.靴子放处；15.燃料；16.大火架；17.火架；18.妇人毡席；19.男子毡席；20.羊皮；21.箱子；22.米；23.主人毡席；24.桌；25.佛坛；26.衣箱；27.缸
（1）平面；（2）剖面

院心式：毡包四面设有围墙。

蒙古包的平面为正圆形，普通直径4米，包内中央设有炉盘，约80厘米见方，四周用木框镶砌，当中放置火架子或火炉，其前设灰坑，深度约60厘米。在正面墙壁下，安设木箱，铺毛毡，为主人居住位置，左为佛坛；左侧稍后为客人居住席，右侧为妇女居住席。炊事用具放入口旁，靴子、鞭子放在进门左侧。高级的蒙古包在进门处加设一座汉式门屋，为4平方米。

蒙古包外观，白毡棕绳，远望包群在绿色大草原上，点点白色的毡包十分清晰入目。蒙古包的天窗做方形，门帘为长形，是装饰的重点部位（图11-2-19）。

基地处理：当架设蒙古包时，先将地面铲平，冬季铺羊粪6厘米（防潮）；架设包的墙壁时，沿外墙的周围挖30厘米的沟，以排雨水。当外壁固定后，再架设顶盖、天孔框，各部均用驼绳绑扎牢固。先挂外墙毛毡，后挂顶部毛毡，再用驼绳扎牢，安装门框与窗框（图11-2-20），包内地面铺以2—3层羊毛毡。在包外檐部铺防雪板。

全包的外部骨架、顶部骨架，全部以轻质沙柳做成。沙柳直径约2厘米，编成可以收拢、可以张开的活动网片。屋顶以"套脑哥拉"为中心，直径1.2米范围绑扎细椽子，成为活动伞盖式，亦用驼绳绑扎固定（图11-2-21）。

蒙古包的大小，根据外壁骨架的网片数量决定，一般的网片数为4—6个，大的10—20个，网片高度习惯为2.2米，这是因为蒙古族仍保持席地而坐的习惯。蒙古包外壁几块，可根据容纳人数而调整（图11-2-22）。

蒙古包的天孔也是预先做好的，尺度也是预先决定，白天它的主要功用是采光和通风；夜里将天布放下，以防风寒，实际上就是一个天窗（图11-2-23）。

（三）汉式房屋

汉代时就有大批汉人屯居于黄河后套地方，当时的汉式建筑就传移到此地。汉蒙两族杂居区，与汉族地区接近，建有大量汉式房屋。

在内蒙古地区，汉式房屋的分布形成一条很

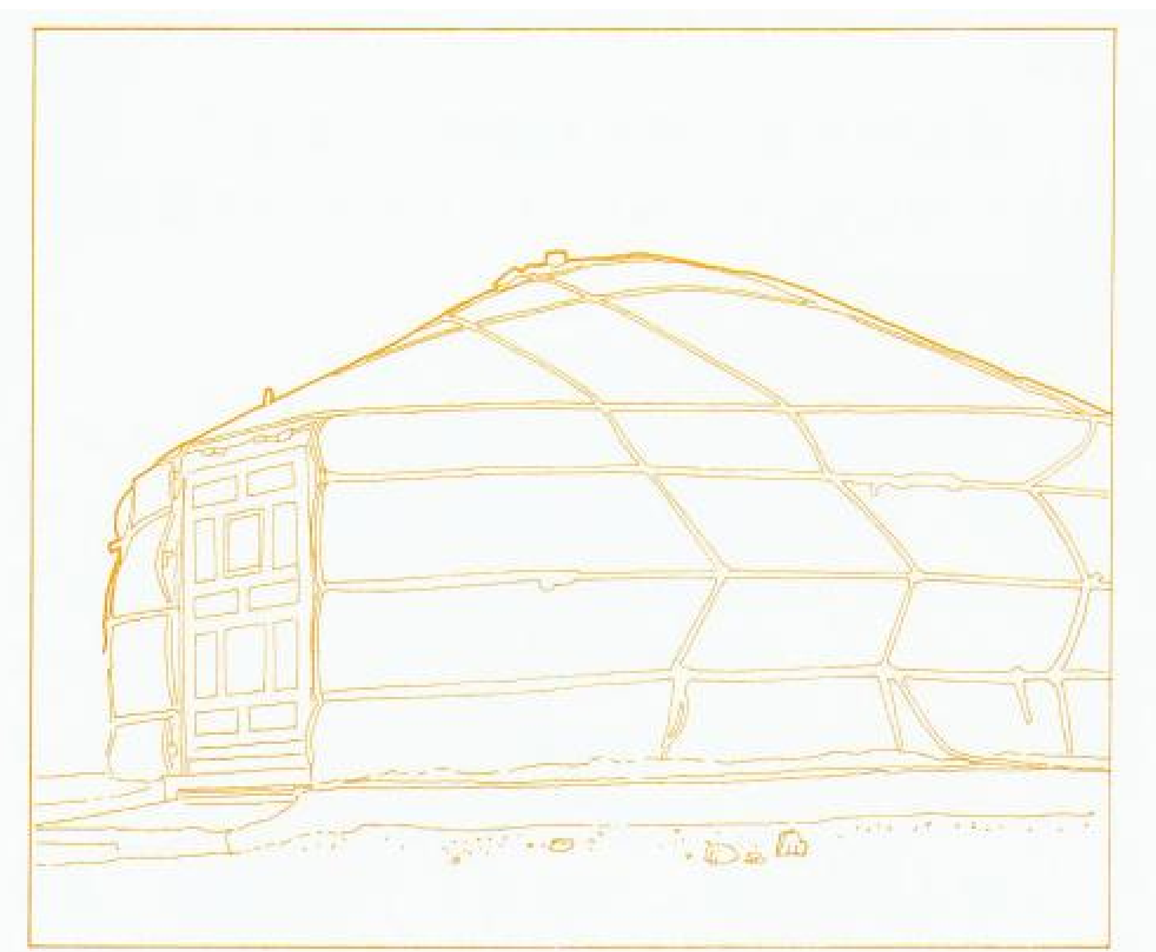


图11-2-19　蒙古包外观

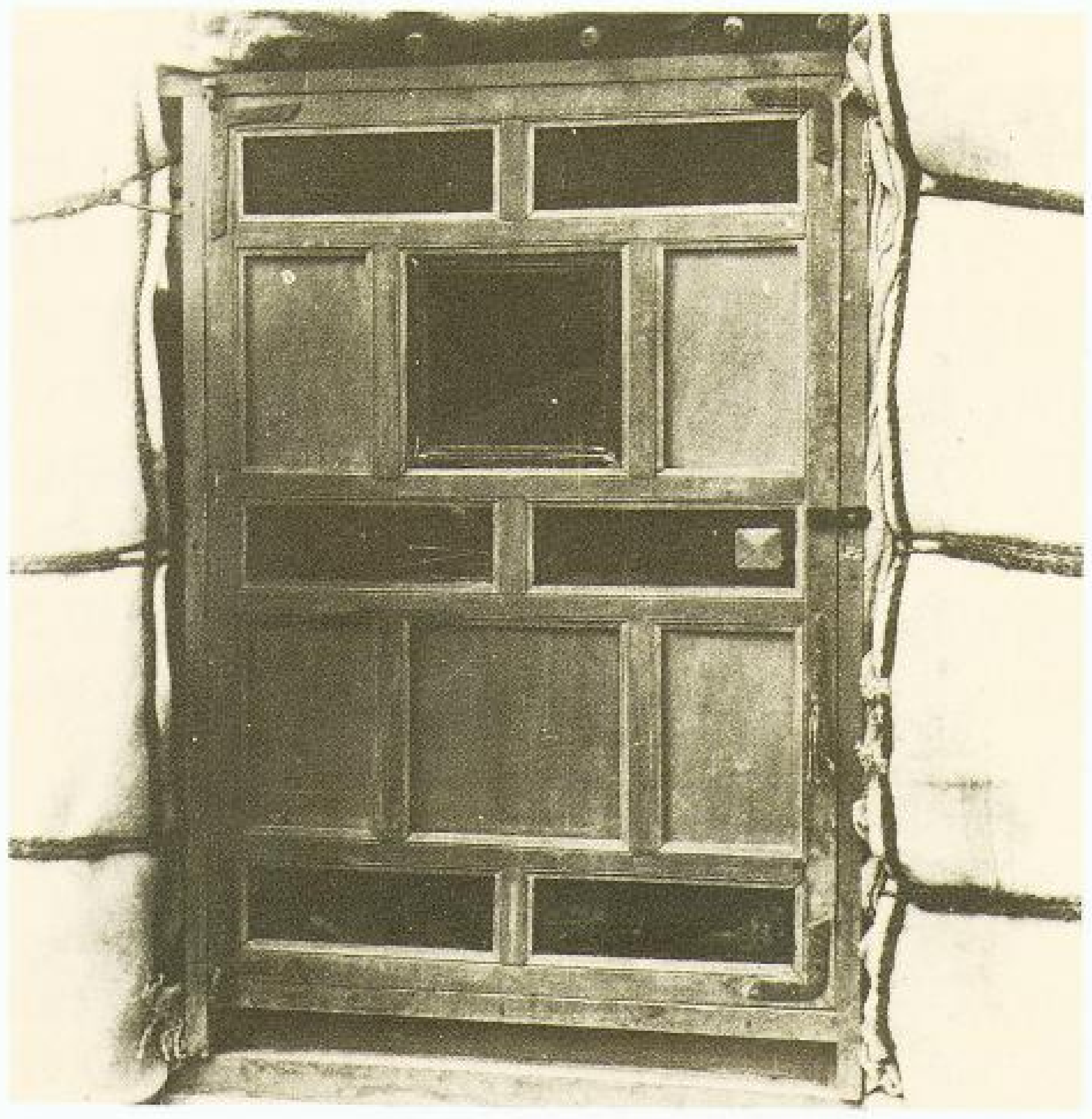


图11-2-20　蒙古包木门



图11-2-21　蒙古包骨架内景一隅

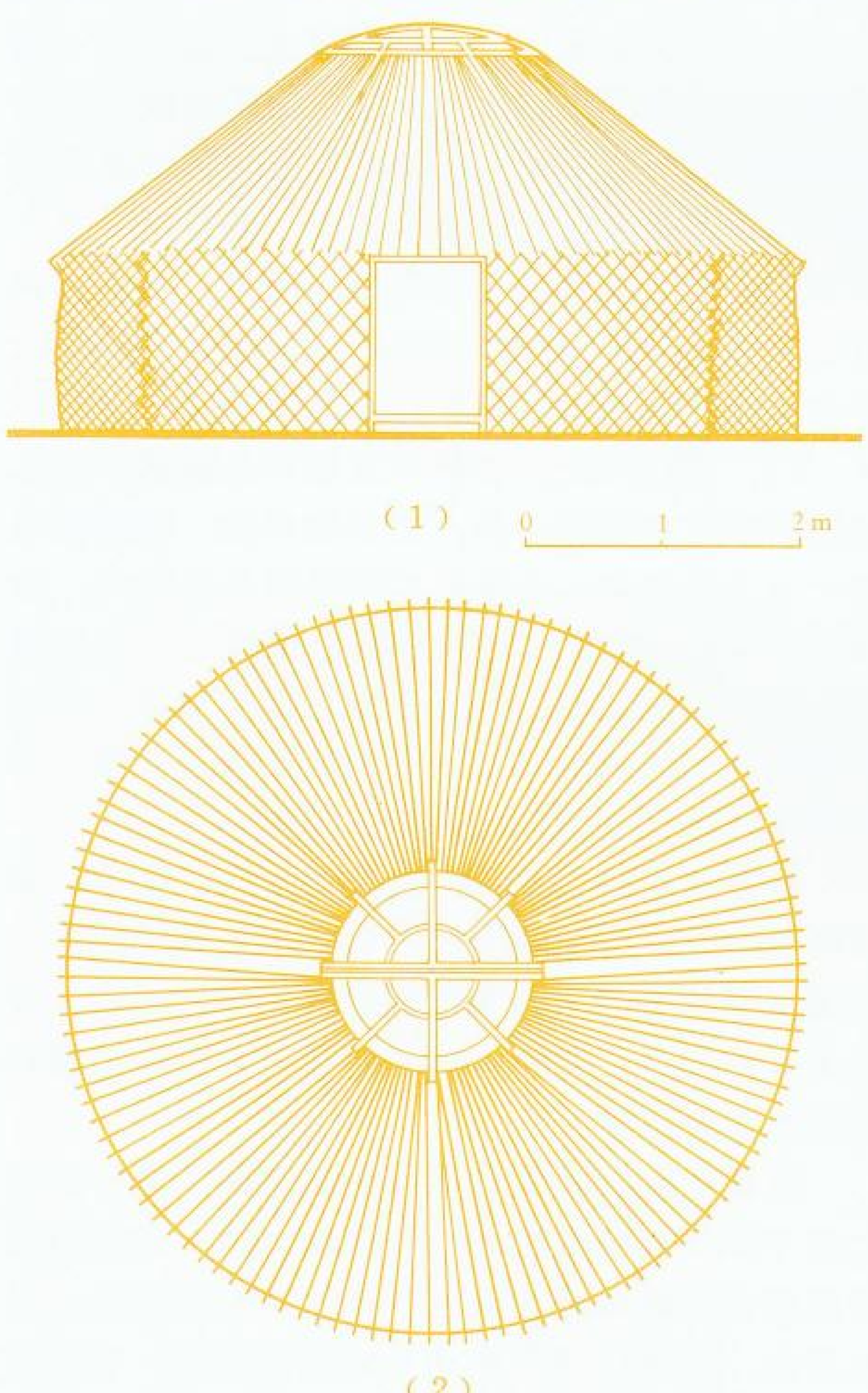


图11-2-22　蒙古包骨架外观
（1）包顶平面；（2）骨架立面

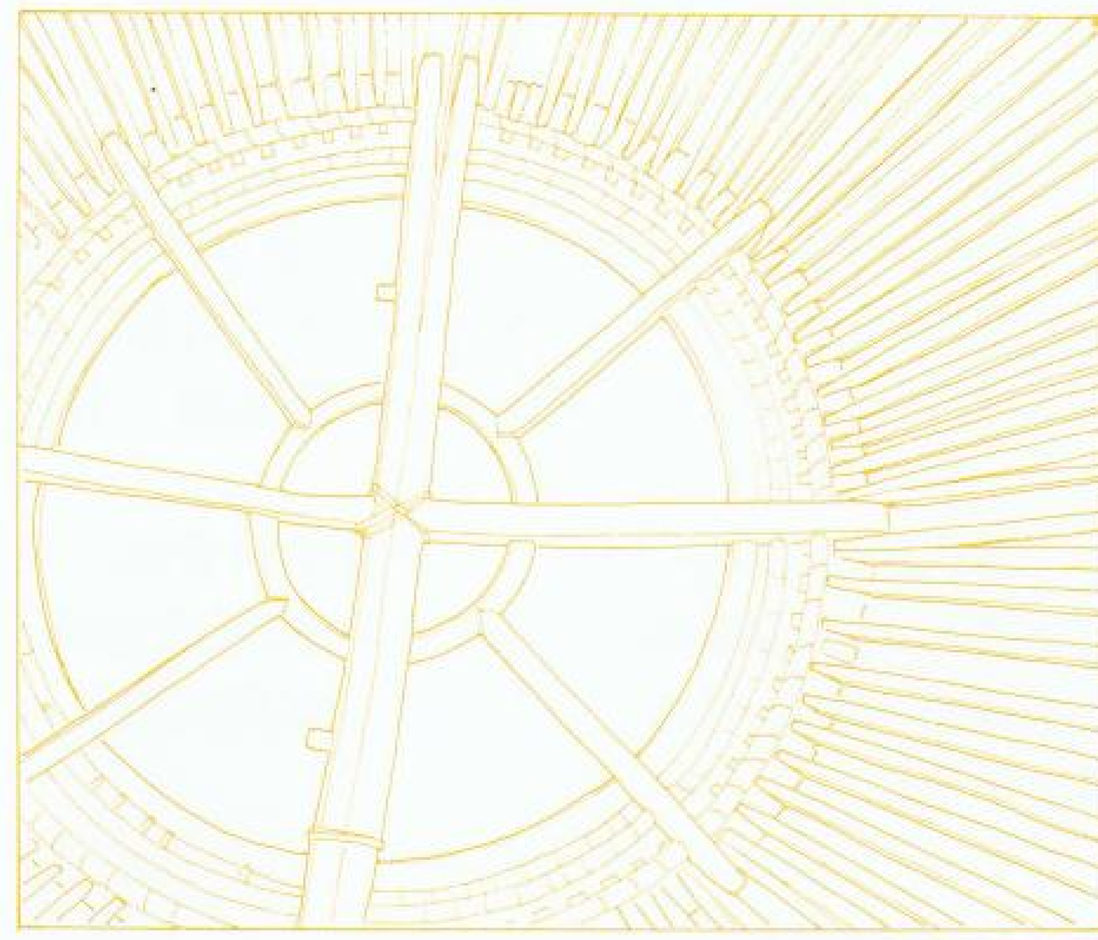


图11-2-23　蒙古包天孔架

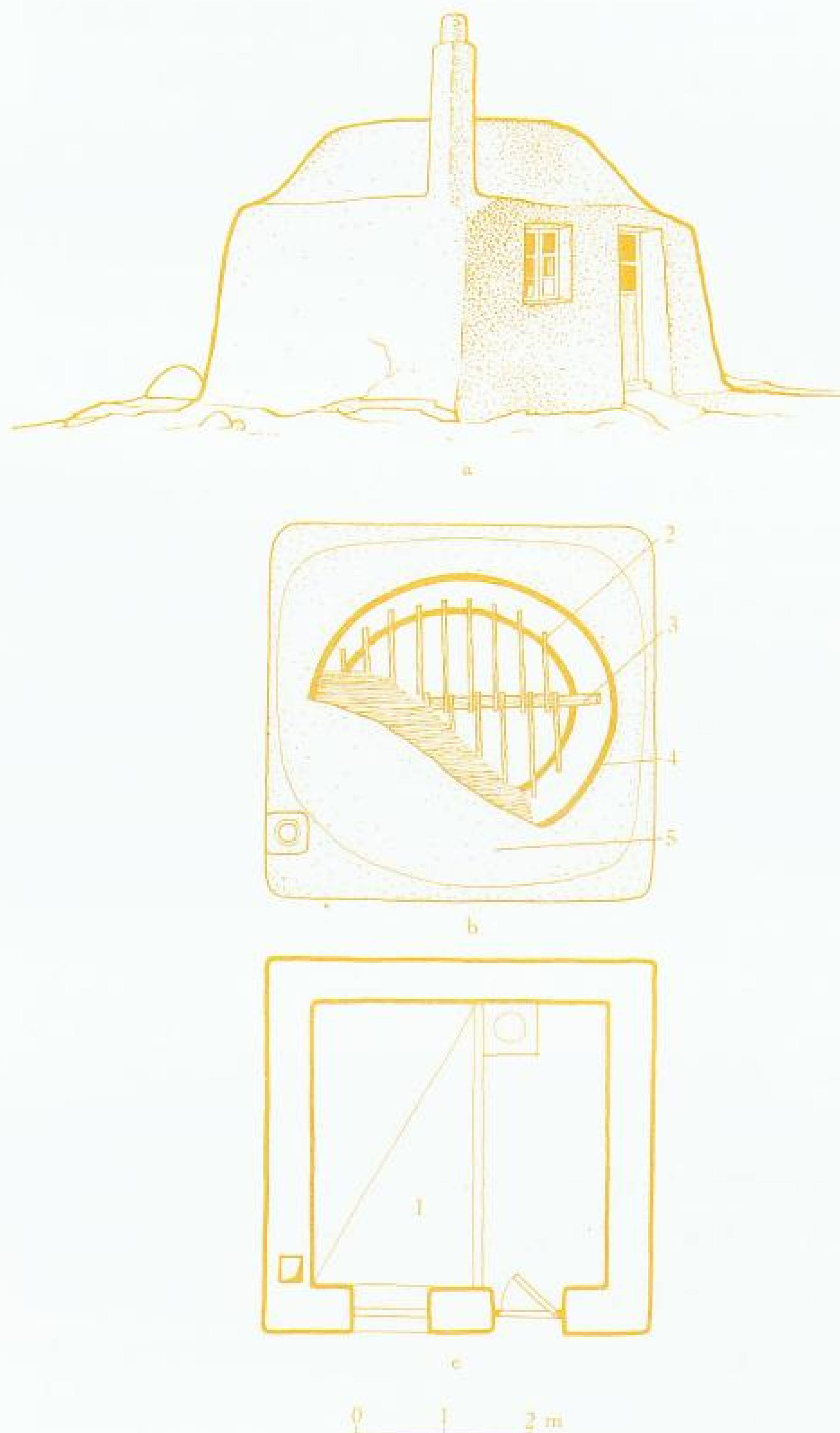


图11-2-24　（1）蒙古包式土房
1.火炕；2.椽条；3.檩条；4.沙柳；5.大泥抹面
a.外观透视；b.屋顶构造；c.平面



图11-2-24　（2）蒙古包式土房外观

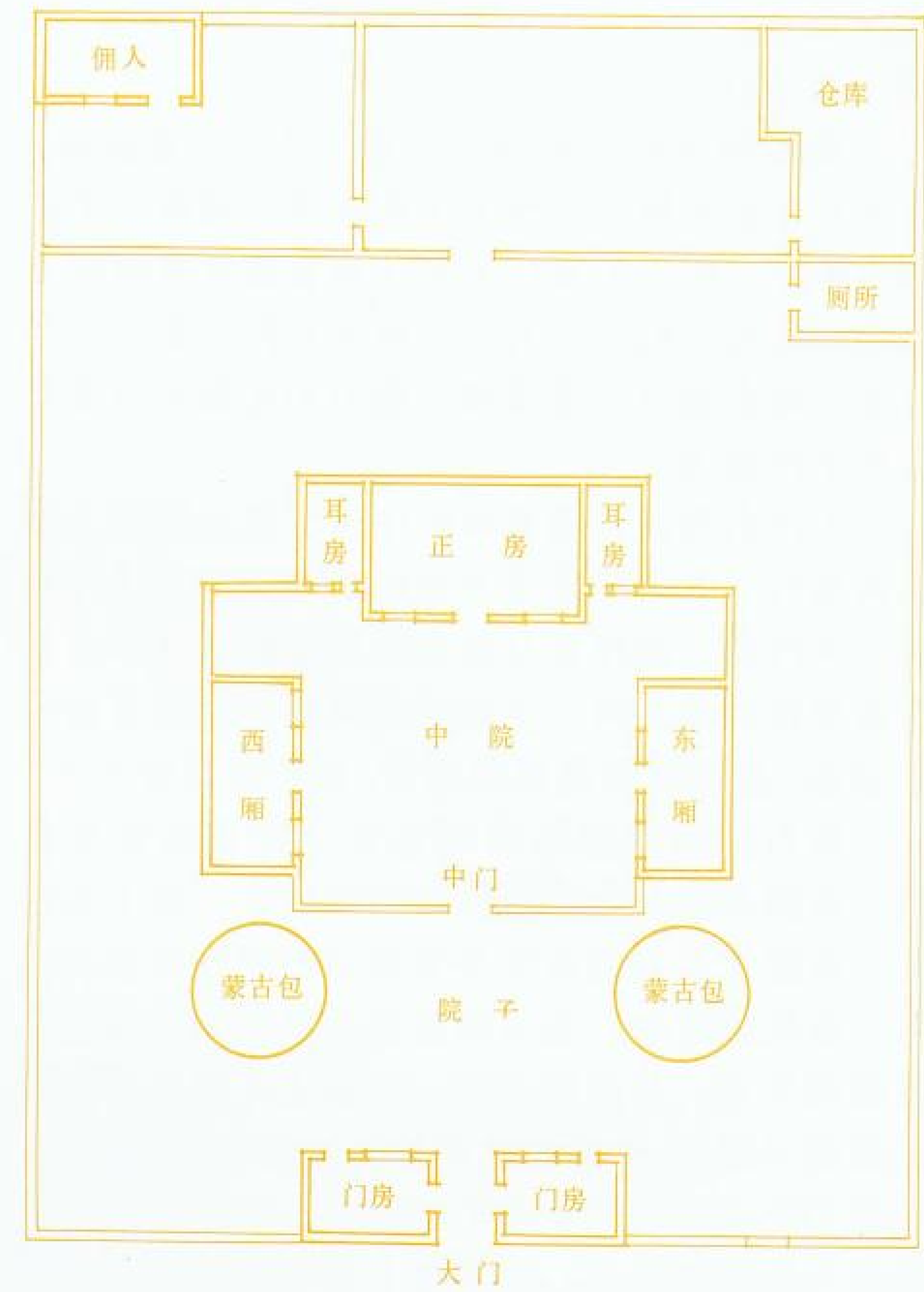


图11-2-25　蒙古王府总平面示意图

宽的建筑带。东部以呼伦贝尔盟、哲里木盟、昭乌达盟与黑龙江、吉林、辽宁毗连，建筑形式近于东北民间建筑。中部以多伦、集宁、呼和浩特、包头、五原、陕坝等地接连河北、山西、陕西，式样近于山西风格。西部以巴彦诺尔盟与宁夏、甘肃相连，建筑采用甘、宁两地式样（图11-2-24）。

（四）王　　府

各旗的头人叫“王爷”、“王爷”的住所叫“王府”。还有一种是亲王，就是与清朝皇族结亲的，住所叫“亲王府”。

每旗所建的王府1—10处不等，规模大小和地位有关。如达王府，是清代雍正皇帝时的亲王府，规模甚大。王府占有巴音浩特（定远营）城大半。

凡是王府的建筑都仿照北京大型四合院的基本式样。达王府在府内又划分为东府、老府、西府、中府、马厩、花园等等。全部建筑仿照北京的青砖青瓦卷棚屋顶的建筑形式。阿巴嘎旗大王府、东府都做汉式五间房，硬山带前廊的正房，院前屋宇式门楼，用木栅栏做墙壁，并在房前架设蒙古包四座，成为蒙汉混合式。

王府建筑工匠多数从北京聘请去的。因此在建筑构造做法以及建筑材料的选用上，和清代北京的做法基本相同。唯一不同之处就是在四合院里架设蒙古包，或者带有某些藏族风格。他们习惯上冬季住蒙古包，夏季住瓦房，利用两种形式的优点（图11-2-25）。

第三节　新疆少数民族建筑

新疆维吾尔族自治区地处祖国的西北边疆，

全区面积约占全国总面积六分之一，是我国最大的一个省区。

新疆境内除汉族外居住着十几个少数民族，以维吾尔族为最多，绝大多数居住在南疆；其次则为哈萨克族，主要居于本区西北部伊犁哈萨克自治州境内；此外还有回、柯尔克孜、蒙古、塔吉克、乌孜别克、塔塔尔、锡伯和达斡尔以及其他兄弟民族等。

天山由西而东横贯本区中部，把全区划为南北两部分：南疆的塔里木盆地，大部分为塔克拉玛干大沙漠，居民散处在盆地周围的水草丰美、土地肥沃的绿洲内，主要经营农业；北疆有准噶尔盆地，盆地周围是草原地带，经济以畜牧为主。

新石器时代遗址差不多在全疆各地都有发现，总的来说，是以游牧和狩猎为生，属于和东北、内蒙古及其他西北各省相同的细石器文化体系。春秋战国时，秦国和西北地区少数民族已有紧密的关系。从西汉开始，新疆正式成为了伟大祖国的一部分，中原地区汉族先进文化不断传入，促进了本地区生产和文化的发展。西汉时，新疆已进入奴隶制社会，魏晋南北朝时，南疆已基本进入了封建社会。

新疆居民开始时主要信奉佛教，元代以后伊斯兰教逐渐在新疆占了统治地位。

新疆古代文化呈现出错综的局面，反映在建筑上，也出现多样的面貌。大量材料证明，新疆少数民族建筑，是根据当地民族的具体条件而产生，并吸取了先进的汉族文化而发展的。新疆建筑也吸收了西亚、中亚的某些特色。新疆少数民族建筑具有自己明显的民族风格。

一 庐 帐

新疆地区，汉代已有农业和城郭定居。《汉书·西域传》说："西域诸国（此指狭义的南疆地区）大率土著，有城郭田畜，与匈奴乌孙异俗"。又说："自且末（在鄯善即楼兰之西）以往，皆种五谷，土地、草木、畜产、作兵，略与汉同"。但是，相当多的其他古代民族，特别北疆地区，如匈奴、乌孙等，以游牧为主，其居住方式则为庐帐。自此以后，迄于今日，新疆地区仍然兼有农牧两大生产经济体系，仍然有以农业定居的和以游牧迁徙的不同生活方式的民族；前者如维吾尔族，后者如哈萨克族、塔吉克族。但是，新疆主要的少数民族维吾尔族的先民，早先也仍是居住庐帐的。南北朝时，游牧于漠北的兄弟民族包括维吾尔人的先祖在内是住在庐帐中。唐代，回纥人仍然是"无君长，居无恒所，随水草流移"的，后来回纥人的一部分在唐文化的影响下开始走向半定居生活，建筑过宫室，但是仍时时游牧，游牧迁移时，往往以毡车为室屋，以载妇孺，据记载，这种毡车，只见于统治阶级所用。一直到宋初王延德出使高昌时，所见回纥人还处于半农半牧状态。

元时，维吾尔人还有住在庐帐里的。《多桑蒙古史》云："当时维吾尔人信仰名曰珊蛮之术士（即萨满教教师）……诸人皆言闻鬼由天窗入帐幕中，与此奉珊蛮共话之事"。大约在宋元以后，维吾尔人才逐渐在南疆经营定居的农业生产。

至于北疆，明代时察合台蒙古人还是游牧的："别失八里（今吉木萨尔）……还建城郭宫室，居无定向，惟顺天时，趁逐水草，牧牛马以度岁月"，住在庐帐中，"所居随处设帐铺毡罽，不避寒暑，坐卧于地"。[1]

古代游牧时期的居所，据以上史料看来，应是图形平面的穹窿顶庐帐，以毡为复，略避寒暑；毡毯铺地，以御潮湿；顶有天窗，作采光通风出烟之用。

二 土结构建筑

围绕着南疆塔里木盆地的高山山脚，是宽度几公里到数十公里的砾石带，在它和盆地内部的沙漠之间，分布着许多互相不相连的粘土质冲积层，高山流水经由砾石带的潜流在此又重新出现于地面，就成为适于农作的绿洲。在这些绿洲中，居民多经营农业。建筑技术也有所发展。但由于较少林木，气候干燥，古代在南疆各地及北疆部分地区以黄土作为主要的建筑材料。

（1）古代的土结构建筑：保留到现在的古代遗迹有汉代的烽火台，屯田遗址，各个时代的城址以及佛教寺院、石窟等，从中可以窥见古代土结构建筑技术的概况。

较大较厚的土工建筑都是夯筑的。如汉代长城、烽火台，在夯层内每隔一定距离夹有树枝、红柳条或芦苇作为墙筋。大约建于北魏至初唐（500—640年）并一直延续至明初仍未废弃的高昌故城（今吐鲁番县境），和建于唐武后时期（702年）的北庭故城（今吉木萨尔县境）的城墙也是夯筑。高昌城的外城城基现存厚12米，残高11.5米，夯层8—12厘米，还可看出清楚的插竿洞眼。北庭城墙基残厚5—7米，高3—9米，用圆木为模，这种夯筑方式至今在陕西、甘肃、新疆仍然流行。这两座城的外城都有马面、瓮城，外城内都包着内城。高昌城内城北墙和外城北墙之间又有宫城；宫城和内城的关系相当于唐长安的宫城和皇城的关系。在城内还可看出有着相同于隋唐中原地区盛行的坊里制的布局，坊墙内的建筑都只向着坊内开门。所有这些，都说明这些古城和古代中原城市属于同一体系。

交河城也在今吐鲁番县境，建筑与使用时间与高昌古城约略同时，它位于两条河流所夹峙的台地上。城边临高达30米的崖岸，自然成为很好的防御工事，所以不筑城墙，是古城中巧妙利用地形的佳例。交河城内的坊里布局可看得更明显。

房屋和院落的土墙，除夯筑外，主要是土坯砌筑的。

土坯墙更早的遗迹见于罗布淖尔汉代烽燧和屯田兵士所住房屋中。土坯很不规则，尺寸大约是38×20×10厘米，墙间还杂以拣自碱滩中的天然碱土块，并间以苇草，甚为简陋。其后，土坯较为规整。高昌故城中有土坯所砌高15米的高耸建筑物，俗呼为"可汗之宫"；交河城中有土坯所砌的大寺墙壁和须弥座。

在交河城中还可以看出更多的土墙筑法。一种是生土墙：即预先在土阜上划出墙的位置，然后把须留出空间的土层挖去，剩下的就是生土墙了。这种墙，当然要求原土质坚实，并只用于建筑的底层或半地下室中。在上述罗布淖尔汉代遗址中，也有类似情况，并在吐鲁番住宅中一直沿用至今（图11-3-1）。另一种是垛泥墙，即用湿泥团层层叠起，交河城中所见是事先设70—80厘米见方的模板，然后垛泥，现仍可看出在泥团之间未曾填实的空隙。这种垛泥墙在今南疆各地仍可见到，但不设模板，都用于围墙。

古代土筑屋顶，都是土坯砌的券顶（筒拱）及穹窿顶。参照石窟窟形，可知券顶出现较早，东汉时期开凿的拜城克孜尔石窟第17窟就是券顶：平面长方形，室作纵券顶（图11-3-2），跨度3米以上，后壁凿大龛，龛左右凿甬道，甬道在后部横连成冂字形，围成一个中心柱，甬道跨度约1米，也作券顶。这种窟形是东汉至宋、元，新疆所有石窟中最通常采用的形制（其券顶多为半圆拱，其次为马蹄拱，也有矢高提高的抛物线拱和矢高降低的弧拱）。而且，地面建筑的寺院中土坯殿堂的平面布局也是与此相同的。如丐耆锡克沁明屋南大寺（两晋，延续至元）大殿与后殿，同期北大寺的两座殿，以及高昌、交河故城中的大寺殿堂等都是，足以证明石窟是仿照地面建筑而开凿的。但这些大殿中心柱前的殿堂跨度都较大，约10米以上；交河城大寺殿堂跨度20米左右，且四壁距地5.6米高处有架梁的缺口，估计大跨度殿堂可能会使用木结构楼面和屋顶。但是，当时小型殿堂或大殿的甬道中曾使用过土坯券顶是确有实例存在，如上述北大寺中就有一连四座并列的室，有中心柱，中心柱前的空间跨约4米，都作土坯砌的纵券顶。吐鲁番柏孜克里克石窟（南北朝末至初唐）和较此略晚的胜金口寺院都有在石崖前砌出的横券顶土坯建筑。交河城中遗留有连排纵长方形平面土坯建筑的墙，跨度约3米，在上部有的还能看到土坯筒拱的痕迹。敦煌莫高窟217窟（盛唐）南壁法华变"幻城喻品"壁画上，画出一座西域城市，屋顶也都是筒拱形（图11-3-3）。据此可证，在伊斯兰教传入新疆以前土坯拱顶就已在新疆盛行，由实物可知，拱跨约在3—4.5米之间；土坯尺寸较现用土坯为大，约12×24×42（厘米）；由筒拱横剖面观之，是采用侧顺砌法的并列券，一层土拱即厚24厘米，层数视情况为1—4层不等，各层间无联系；施工方法和当地现行土筒拱的贴砌法相同。

中原的筒拱用砖砌，主要使用在墓室中，早在西汉中期就开始盛行了，起初也都是并列券，主要采用侧顺砌与侧丁砌两种排列法，以后，才出现了纵联券。新疆古代土坯拱与中原早期筒拱做法有相似之处。

新疆土坯穹窿顶较拱顶出现为晚，最早的实物见于柏孜克里克唐代的14窟和15窟，在胜金口寺院和高昌故城西南部也有数处，时代略晚。以上实物，以柏孜克里克第14窟较为清楚，它的情况是：墙及顶全用土坯砌筑，方形平面，在墙顶四角用球面拱把方形渐变为圆形平面，再于其上



图11-3-1 吐鲁番土筑住宅平面、剖面透视

砌穹窿。现穹窿顶塌掉一半，可清楚地见到断面：围绕拱心的平顺砌法，各层泥缝皆依球心作放射状，厚为土坯宽度，内外抹草泥，室内满绘壁画（图11－3－4），看来，新疆土砌穹窿顶与西亚的穹窿顶关系较多。

吐鲁番的额敏塔建筑群建于乾隆四十三年（1778年），其中有几个土坯砌圆窟顶，最大的两个直径近8米，正方形平面，用四角的尖拱龛收成八角，同时弧转为圆形（与后述之砖结构由方变圆的方式相同），再接建半圆穹窿，至今完好。

（2）传统土结构建筑：传统的土建筑技术，以吐鲁番使用最为广泛，维族土筑住宅较为常见（图11－3－5），其他南疆各地也有少量使用。现就吐鲁番的情况，介绍如下：该地缺少木材，但土质坚实，属沙质粘土类土壤，厚达30余米，不含碱质。气候干燥，基本无雨雪，利于土结构的存在。

砌筑土墙的土坯尺寸33×16×8厘米，主要

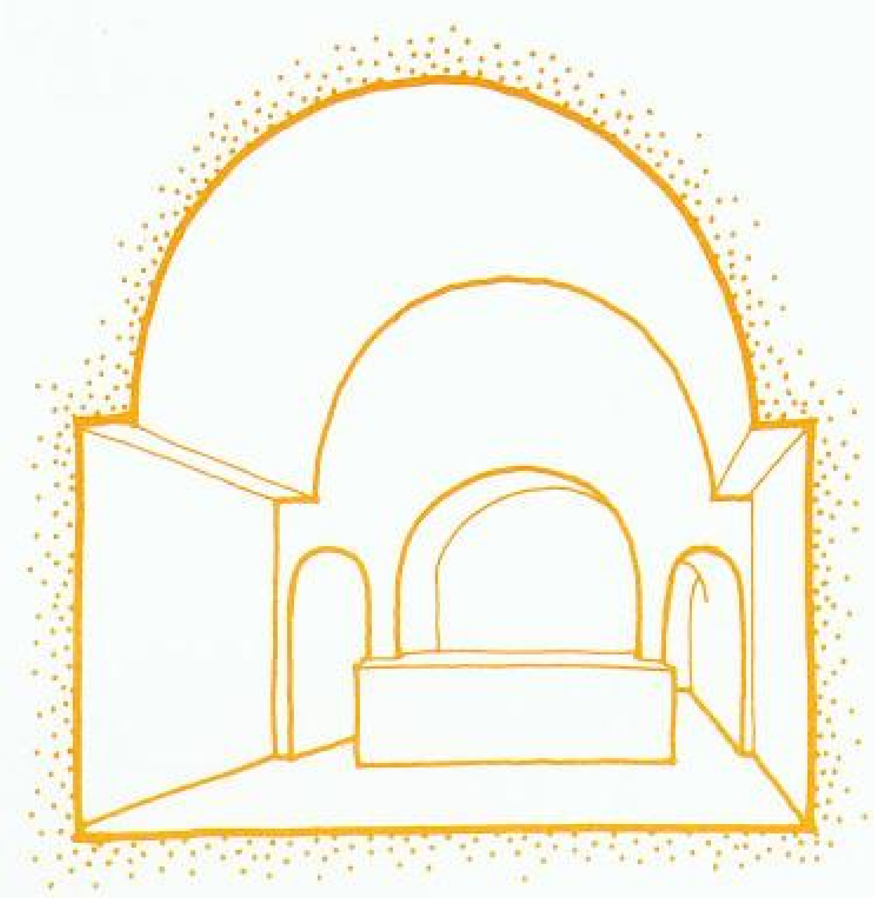


图11-3-2 拜城克孜尔石窟第17窟（东汉）窟形示意

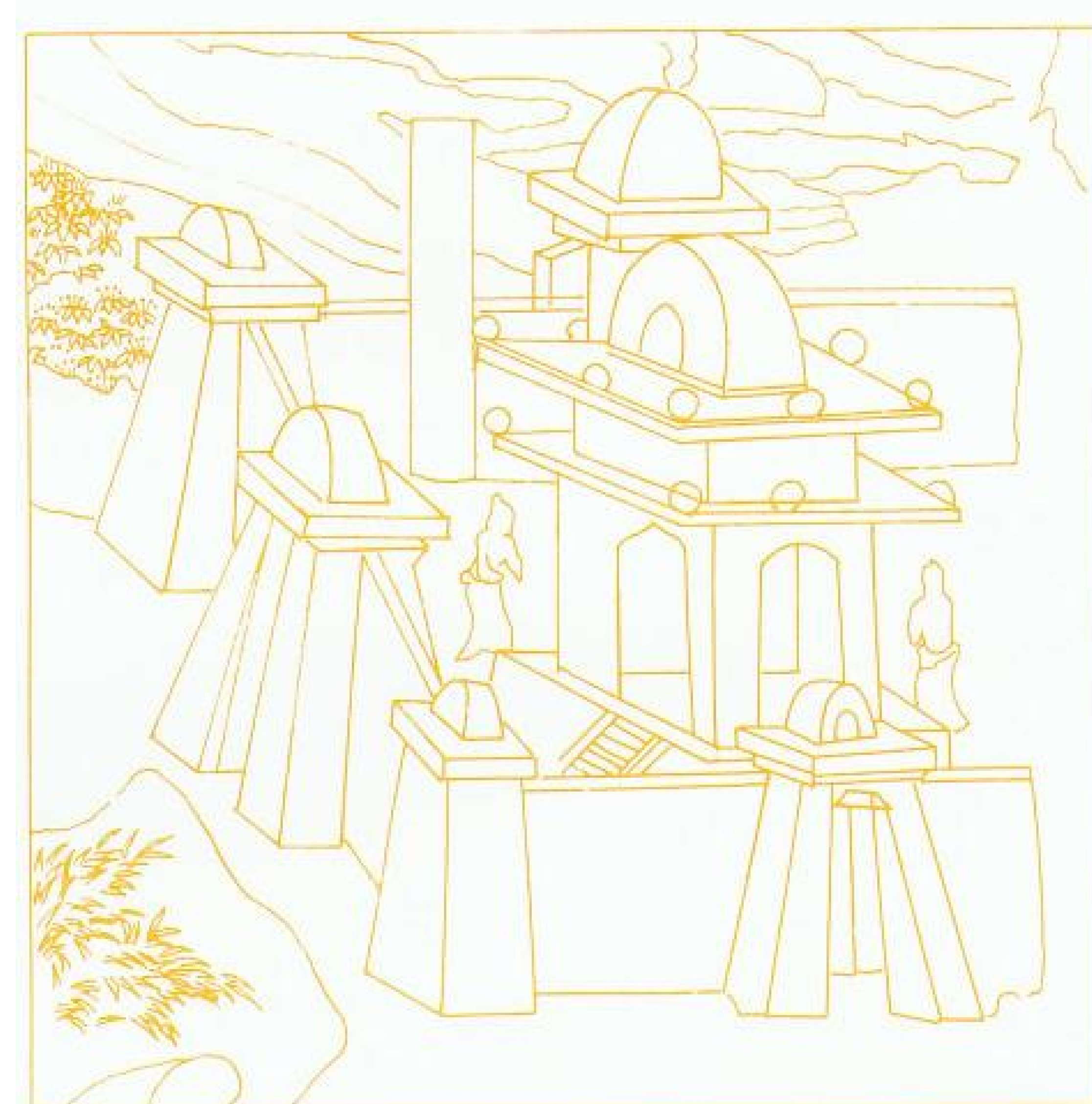


图11-3-3 敦煌莫高窟第217窟（盛唐）壁画中的古代新疆城市

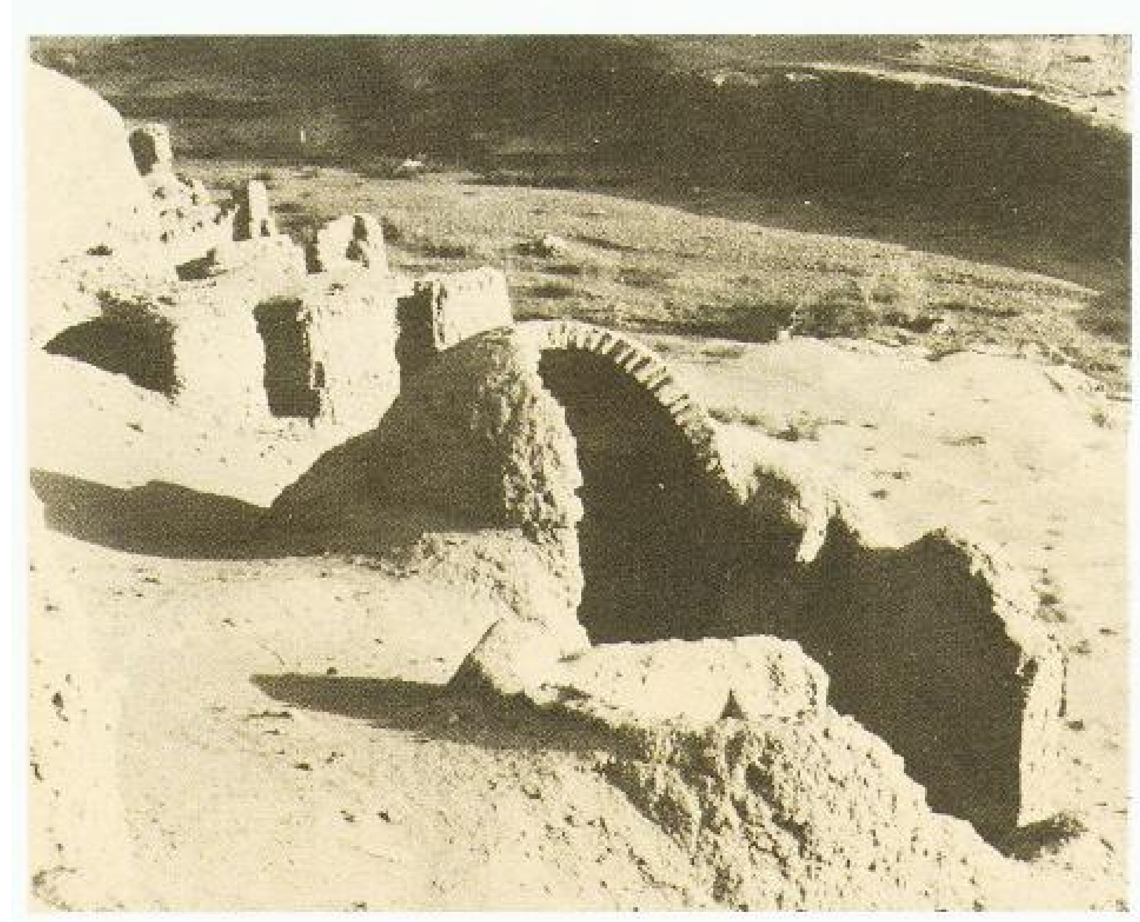


图11-3-4 吐鲁番柏孜克里克石窟第14窟（唐）的土坯砌窟形



图11-3-5　（1）吐鲁番维族住宅平面及剖面示意图

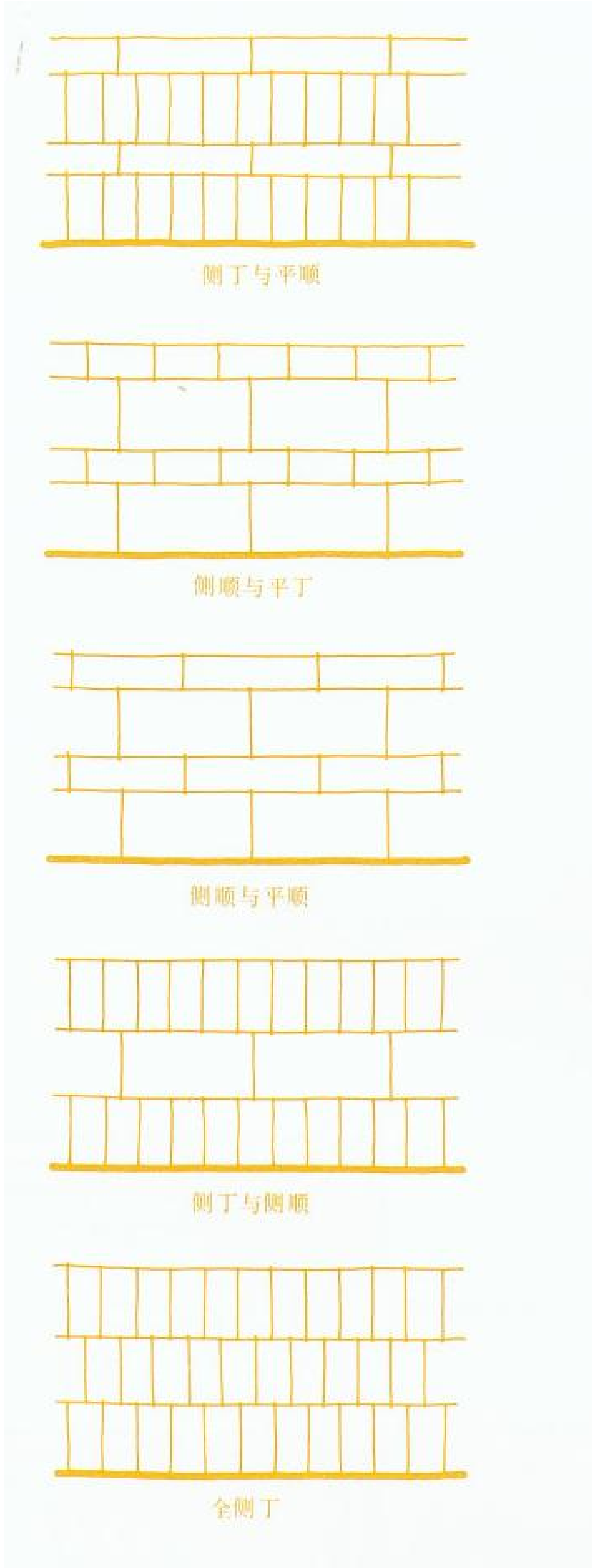


图11-3-5 （2）土坯墙砌法示意图

采用以下砌法：（1）侧丁与平顺交替，（2）侧顺与平丁交错，（3）侧顺与平顺交替，（4）侧丁和侧顺交替，（5）全侧丁砌。所有平缝皆用厚1厘米以上的泥浆坐浆，立缝则不用，力求挤紧。各种砌法的平砌间层都是为了加强土坯间的联系，但不用全平砌的方法。因为土坯遇水变软，平砌土坯上下都接触泥浆，砌筑时影响强度，侧砌速度也较快，其中全侧丁砌，速度最快，但各层联系差，只用在围墙和无开口的不承重房屋墙壁上。

拱顶房屋的墙一般厚度大约50厘米左右，墙上留壁龛的加厚到85厘米，两面留龛的有厚到1.7米的。土坯墙下无基础，也不打夯仅整平基地而已，多仅在墙内外勒脚处砌数层砖保护，厚半砖。又吐鲁番土拱房屋，多是作为半地下室，这时它的墙的下部多为生土墙，就地挖成。

拱脚墙一般只高1.5米左右，拱跨3—3.5米，几个拱并列时基本等跨，但因新疆土拱砌筑都不需要支模，所以等跨并不要求严格一致。拱的砌筑法可称为“无模贴砌法”（图11-3-6），是新疆土坯拱技术的最大特点，十分简便迅速。它的具体方法是：先砌好纵墙和端墙，然后开始砌拱：在后端墙拱脚水平线上找出圆心，以跨度的一半为半径在后端墙上画半圆，即是拱圈线。砌墙人站在墙头上的木板上施工，在此线外方贴泥浆，然后由拱脚开始顺序贴砌土坯（砌拱顶的土坯略小，薄，尺寸30×16×7厘米），至中间一块相邻处为止，再贴另一边，最后嵌砌正中一块。有时拱圈内周长不能恰合整数土坯的尺寸，就需要拱形加以调整使土坯为整数。这样，由半圆的拱成为稍平的弧拱或稍高的尖拱。

待一圈作完，应往拱外侧的土坯缝中挤入泥浆并用扁平小石碴楔紧。同时，还有一些特殊的技术要求：如，要使每个拱圈在平面图上不是一条直线，而是向后凹的一条弧线，要求在贴砌几圈后，凹度达到30—50厘米，并一直保持到最后，同时，从纵剖面上看每个土坯都应向后倾斜一个角度。

如果是平房，拱厚一层（16厘米）就够了，拱上部也可不加处理，但一般都将拱谷填土，上作成平顶，可供使用；也常有在拱谷上砌小弧拱的，可减少荷载，节约土方。

如果是楼房，仅底层用拱，拱厚加至一券一伏或两券（24厘米，33厘米），楼层多带前敞廊。此时，楼上的横墙就压在底层的拱上。

土坯圆穹窿顶的施工也不用支模，是在拱脚平面上置施工用木梁，在木梁上找出球心，钉铁钉，系长等于球形半径之绳，即以此为准，绕圈砌筑，如此层层贴砌即成（图11-3-7）。

三 木结构和混合结构建筑

（1）古代的木结构建筑：在罗布淖尔就有“编芦草为榕；中夹胡桐叶，覆盖其上，下有木梁及柱以支持之”的汉代居住遗址，木梁及柱都是以天然的胡桐树略加斧凿而成。

在塔克拉玛干大沙漠中的尼雅遗址，据称系汉精绝国故地，昔被文化强盗斯坦因肆行盗掘，建筑遗址多被破坏，较完整者极少。其中有一处房址平面9.75×5.5米，由外间狭长小室转进内

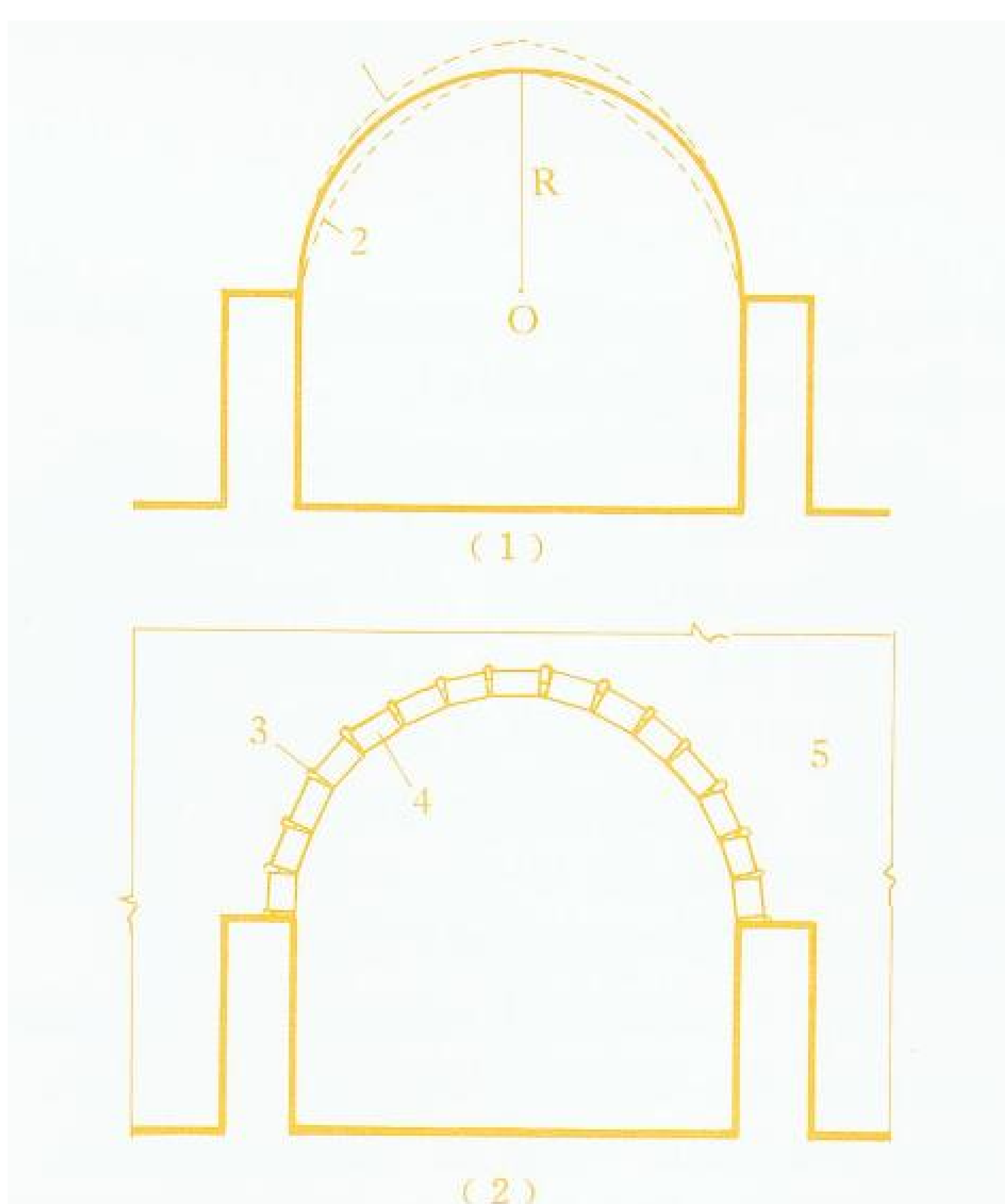


图11-3-6 无模贴砌土坯筒拱的施工
1.矢高大于R的尖栱；2.矢高等于R的尖栱；3.嵌挤小石子；4.土坯；5.端墙；
（1）拱圈线的确定；（2）拱顶横剖面图

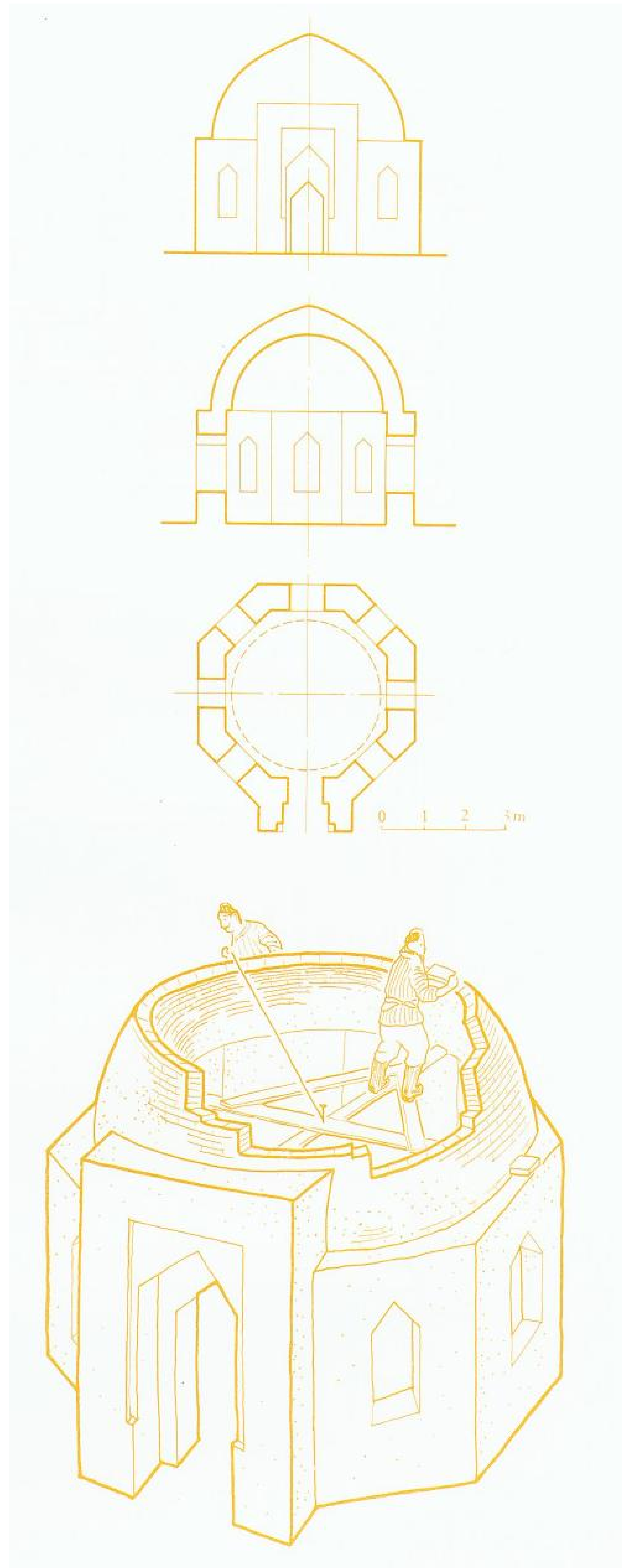


图11-3-7 库车土坯圆穹窿顶的施工示意图



图11-3-8 库车库木吐拉石窟第16窟（唐）壁画中的建筑



图11-3-9 喀什土坯筑住宅
1.上；2.下
（1）底层平面；（2）楼层平面

间大室，内室三面围筑，室中央有一根木柱，插在整木制成的柱础上[2]。又据其他报告[3]，知该址主要为木结构：沿墙立柱，柱间编笆，表面再敷以泥土；在柱上架梁枋，再作屋面。参照罗布淖尔的情况，大约也是架铺编笆，覆植物枝叶，再敷泥土墁成平顶。

尼雅房屋地面用麦草、羊粪等合泥铺墁。此种传统作法仍见于近代民居中，表面光洁，略有弹性，蓄热系数比砖大，又可防止虫蚤，据反映较砖地面更受居民欢迎。

西汉时中原汉族高度发展的建筑技术传入新疆地区，如西汉细君公主到乌孙时，就建造过汉式宫室。龟兹（今库车）王绛宾于西汉宣帝时曾入朝，乐汉衣服制度，归其国，治宫室，作缴道周卫，出入传呼，撞钟鼓，如汉家仪[4]。从汉迄唐，龟兹一直是新疆的政治中心，史称龟兹城郭有三重，“中有塔庙千所”，“室屋壮丽，饰以琅玕金玉”，龟兹王宫“焕若神居”[5]，在唐龟兹都城遗址中出土有与唐长安所用铺地砖大致相同的莲纹铺地砖及筒瓦等物[6]。

在北庭和交河也都出土有莲纹瓦当或花砖。新疆自治区博物馆陈列有发现于吐鲁番阿斯塔那唐代墓葬的木构建筑模型，是一座台阁建筑的下部，木柱上架斗栱、平座，遍刷红色，形制与敦煌莫高窟217窟（盛唐）壁画中所绘高台建筑的下部一致。又在库车库木吐拉石窟第16窟（唐）也绘有汉式建筑（图11－3－8)。据此，足证新疆汉唐时代木构与中原是属于同一个系统的。

明清以后汉式建筑或汉藏混合式的喇嘛庙建筑在北疆较多，如昭苏圣佑庙、伊宁固尔札庙、霍城伊犁将军府的一些建筑，还有各地钟鼓楼，清真寺等皆是。除汉人所建外，都是蒙族、回族的建筑。

（2）维吾尔族民居及礼拜殿建筑：这些建筑都是平屋顶的，其结构作法与汉式颇有不同。

前述罗布淖尔和尼雅遗址的简易木构方法，在紧靠大沙漠的边缘一带，如博斯腾湖周围及和田地区，至今仍然采用。这一带，土层瘠薄，含沙量大，硝碱严重，不适于建造土结构房屋。而地多沼泽，盛产芦苇、红柳、白杨、胡桐，居民因地制宜，建造这种简易木构建筑。这种建筑都是平房，木柱框间用编笆或插坯墙，不保暖，质量较差，但施工简易，为旧时劳动人民所居。

自然条件较好的富裕绿洲，有很规整的木结构：为二至三层楼房，用厚的土坯墙（图11－3－9)，墙内有内外双层木柱承重，柱间距约50—80厘米，柱下为地梁，上承顶梁，梁承矩形断面的水平檩，檩木上密排圆面向下的半圆断面的椽木。这样的椽木兼起望板的作用。

跨度大的建筑如礼拜殿，三面外墙为承重的砖墙，前廊和室内立露明木柱，断面较大，有木雕装饰，组成约4×4米的柱网，柱头上有雀替，承托井字形布局的矩形木梁。井字木梁上铺水平檩木，其铺放方向在各小间经常是互相垂直

的，檩上为椽，也是半圆断面密排的。在廊柱一线的檩子与屋檐垂直并伸出梁外成为挑檐。

民居地面用木地板较多，也有牛、羊粪草泥地面或铺砖的。为了表示虔诚，礼拜殿地面多数是土的。礼拜殿天花是露明的。互相垂直的檩木和椽子自然成为装饰图案，大多数民居天花有石膏花或贴雕。

有的礼拜殿在某几小间的梁上用套方或方木层层叠起，作成藻井装饰。

屋面是在椽上铺苇席、稻草或包谷秆一层，上抹黄泥浆一层，再铺干黄土一层，面层用草拌泥抹平，总厚约 10—15 厘米，屋面有排水坡度，有出水口和流水槽。

这种井字梁木结构建筑在石窟中已有所见，如克孜尔石窟 27 窟（南北朝，隋），窟顶就是呈方格平棋状的，檩头排出承屋檐的作法在同期 99 窟中也可以见到。新疆石窟和敦煌莫高窟北朝石窟窟顶都有大量的套方藻井壁画。克孜尔 137 窟（唐）为方形平面，窟顶为凿石刻出的五重套方，可证这种屋顶历史之悠久。

吐鲁番地区民居底层是土拱，楼层用土墙承木构平顶，或有在楼层土墙内立木柱，均为土木混合结构。

四 砖结构

在北庭，龟兹古城等唐代城址里，都有铺地花砖出土，但砖结构建筑在新疆的出现，依现存实物，大概是在清初以后，距今约 300 年。

砖结构主要用于各地伊斯兰教礼拜寺及玛札[1]等宗教性建筑中，这些建筑群的入口处建有门厅，平面方形或正八角形，正面为尖拱大龛，龛下设门。门厅上为穹窿。四角建圆形平面的砖塔，塔顶有小圆亭，可登临，维语称为“拜西达克”供阿訇呼唤之用。

玛札建筑群的主要玛札也用这种方形平面上覆圆穹顶的建筑。礼拜殿常是砖外墙木内柱的砖木混合结构。有的用连续的小圆穹顶组成长廊作为礼拜殿的一部分。有的礼拜寺中建有供经学生居住的群房，群房有用连续砖筒拱的。

上述是砖结构的一般使用情况。现分项介绍具体做法如下：

（1）基础：砖结构基础分卵石基和砖石基两种；例如库车旧城大礼拜寺大门处基深 3 米，用大卵石在基底密铺一层，再以石灰黄土砂浆灌填，待干固后再铺砌第二层，如此逐层铺砌至地表。砖基用石灰砂浆砌筑，简单的用泥浆砌。

（2）砖墙：砖的尺寸较大，约 30×15×16 厘米，由于土质原因，砖色呈黄灰或淡黄色。

高级砖墙外墙面及某些砖穹窿顶的内面都是清水墙，要求磨砖对缝，以石膏浆勾圆缝。砖墙用石灰砂浆砌筑。砌筑质量一般相当精细，整个墙面平整光洁，棱角清晰。

在清水砖墙的某些部分拼砌各种拼花图案，这些部分的墙面需用石膏浆砌筑以增加强度。

新疆盛产石膏。烧制石膏较石灰简易，快凝高强，洁白细腻，除用以作砌筑浆外，也使用作抹面、石膏花等。石膏的广泛使用，是新疆建筑的特色之一。

（3）砖塔：砖塔平面圆形，内部中空，中心砌通高圆柱，圆柱与外壁间有木制螺旋梯级，可登至塔顶砖圆亭，圆亭平台围砌小砖柱，柱上作尖拱，拱间或空敞，或充以石膏花格，亭顶为砖穹窿（图 11－3－10）。

因砖塔圆形，直径不大，故所用砖均需砍制成扇形。砖塔上有砖拼花图案、线脚以及用砖组成的凹凸面，塔身又有收分，因此，各层砖的形状均不相同，事先需把砖砍磨成多种形状。

（4）砖筒拱和砖龛：砖筒拱甚少，均为纵联砌法，跨度约 1—4 米，砖龛跨度略同。砖龛券面是尖拱形，龛内有的是尖拱，有的是半个圆球



图11-3-10 （1）吐鲁番额敏塔



图11-3-10 （2）喀什阿巴和加玛札圆塔上部

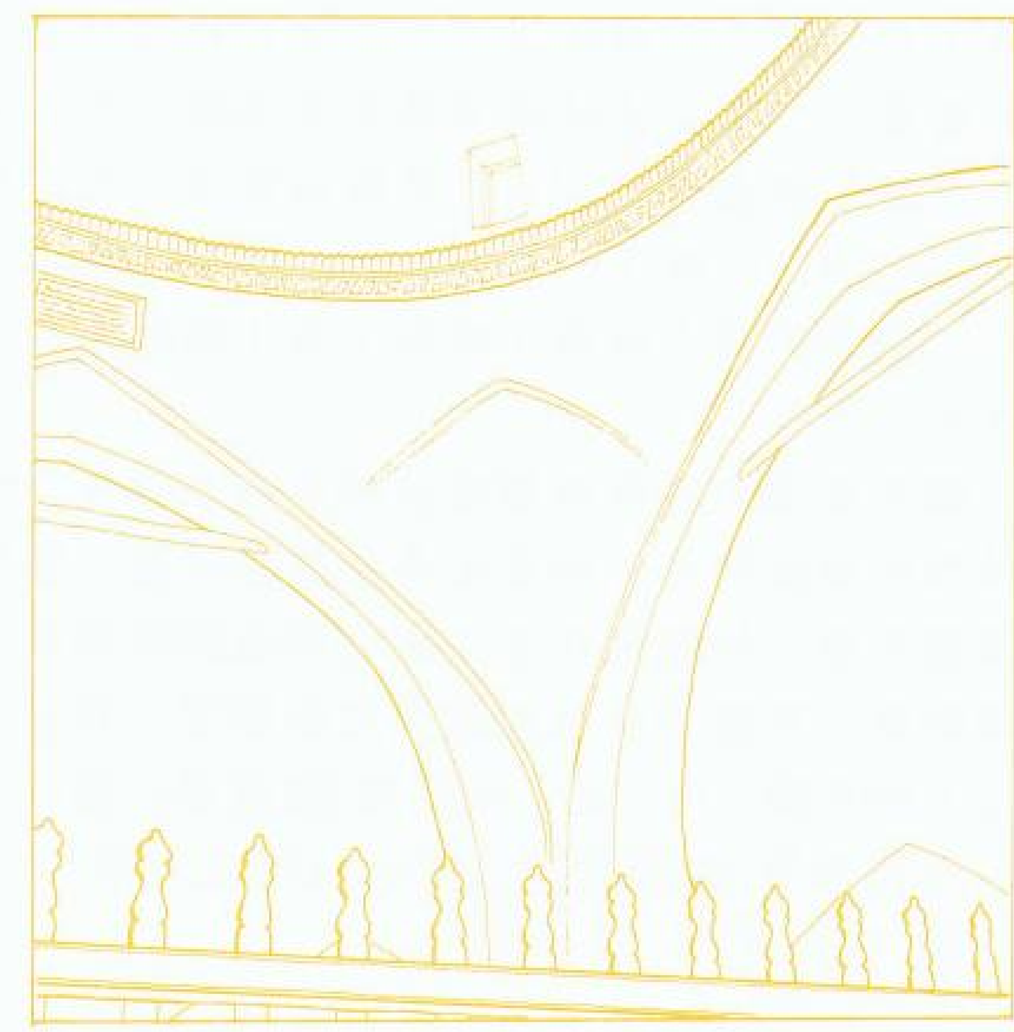


图11-3-11 喀什阿巴和加玛札砖顶局部

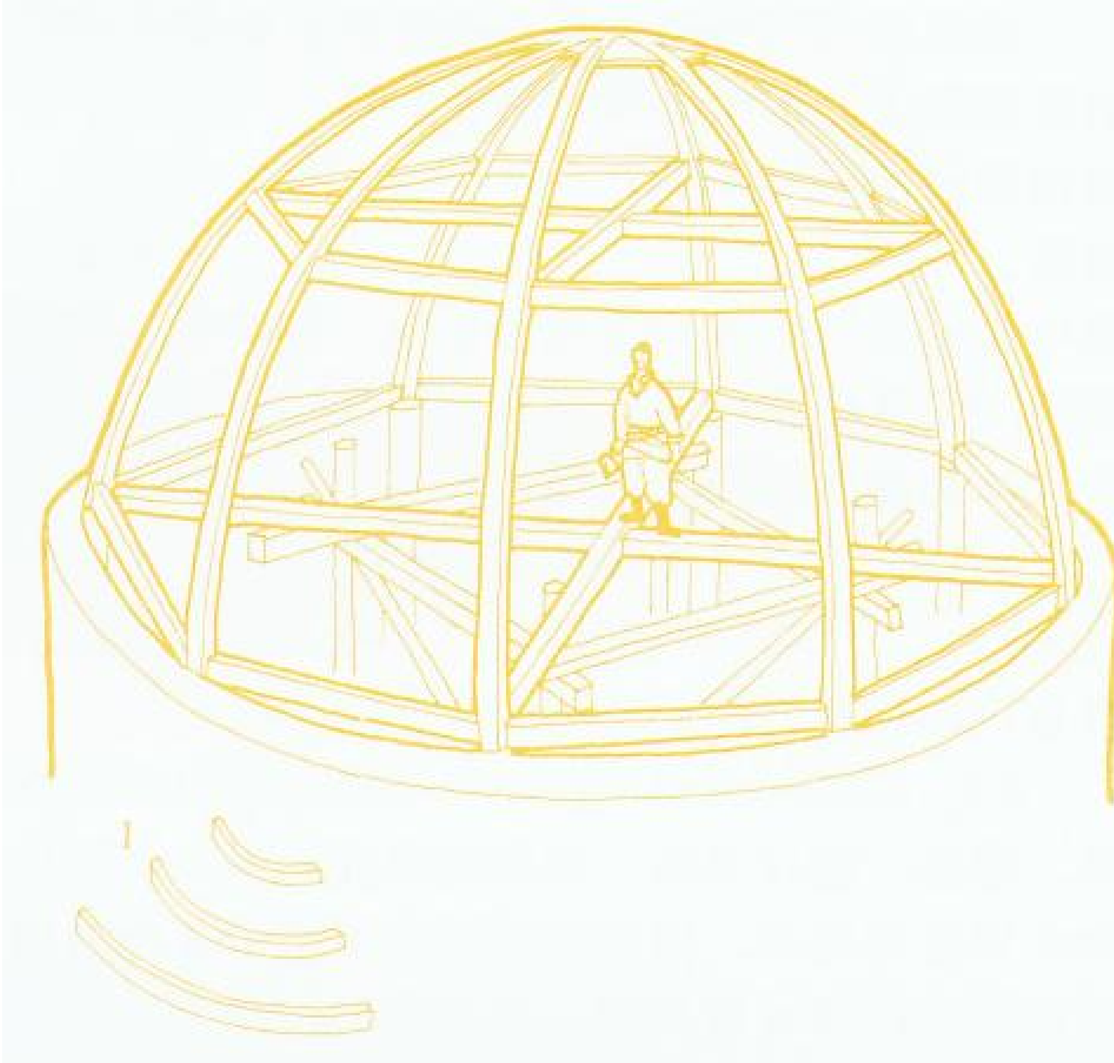


图11-3-12 穹窿顶施工时所用的八楞模架示意图

1.靠尺

穹顶。筒拱和尖拱砌筑时都用模架，石膏浆砌。

（5）砖穹窿顶：穹窿顶为圆形平面，但基座平面一般是方形，由方变圆的方法是在四角砌转角尖拱龛，使平面改成一个正八角形，转角拱龛与直墙之间的墙面由券脚开始层层弧形内收，至券顶为止整个收成圆形（图 11－3－11）。

再上，砌一段直筒，高几十厘米，圆筒壁砌有尖拱龛或尖拱窗，后者可供采光用。这个圆筒可提高整个穹顶高度，在透视上使穹顶比较显露，在室内也是穹顶与正多边形墙面的过渡，为造型所必需。穹窿顶断面多为半圆，也有成尖拱形的，个别有矢高较低成扁拱状的。

砖穹顶施工一般不需支模板；但为了更好掌握体形，有时需要架设八楞模架：由八条宽度约数厘米的弧形木条拼成，每条之间的平面夹角都是 45°，木条的外缘就是穹顶半断面的内曲线。模架以斜撑钉成整体架在穹脚上。又用几个半径不同的 1/8 圆弧形靠尺，来校正各楞间的穹顶砌筑（图 11－3－12）。

砌筑一律使用石膏浆，石膏浆强度高，尤其是它的凝结速度快，可使砌体很快获得早强。

各层环向及矢向砖缝都以穹脚平面为圆心呈放射状，工人站在内脚手架上施工，一圈一圈上

1）玛札是新疆伊斯兰教名人的墓地。

砌直到封顶为止。每砌筑若干层需在穹顶外表面抹石膏浆，目的是使砖缝间灌浆更饱满一些，同时也使各层砖通过这层石膏浆联结更牢一些以增加早强。因此，施工时可以不需设满堂模板就可砌成。穹顶的施工体现了维吾尔族工匠的高度技艺水平。

砌穹窿顶的砖每块都要砍制成内小外大，内薄外厚的扇面楔形，内表面若用清水砖面，要预先磨制平整。外表面在全顶砌完后还需抹灰或用琉璃贴面。穹窿顶厚度视跨度大小而定，直径3米以下的穹窿，用一砖，长度为30厘米；直径5米左右的加至45厘米，$1\frac{1}{2}$砖；10米左右用60厘米，用二砖。

五 装饰技术

建筑装饰独特技术是形成维吾尔族建筑风格的重要因素。在民居和宗教性建筑中，依据不同的情况使用了多种装饰手段，如砖饰，琉璃饰，抹面，石膏花饰，壁龛，壁炉，木饰及彩画等。其中有些手段如石膏花饰和壁龛，壁炉等，是汉族建筑所未曾有过的，而其他装饰的使用和技术也和汉族建筑有很大不同，有自己的民族特点。

维吾尔族的装饰纹样受伊斯兰教教义的限制只采用几何图案和花草纹样，不用人物、动物、风景或自然界其他现象的纹样。

（1）砖饰：砖饰主要使用在砖结构建筑的墙面、塔身、檐口等处，木结构民居的檐口也常结合木饰使用砖饰。使用砖饰的都是磨砖对缝的清水砖面。砖饰有拼花砖、凹凸砖花、磨砖、砖线脚和模制花砖等多种方式。

为打破大片平直墙面的单调感，在外墙面常砌出尖拱龛，龛外围有方框。这些龛和框一般都较浅，仍保持了建筑的整体感。在内墙面则于窗间墙砌出方形框挡，框档内以砍磨好的砖镶砌出各种拼花砖图案，有八字纹、席纹、回纹、万字纹、龟背纹等形。在圆塔塔身等段内也使用这种拼花砖面作为上下段的区别。这种拼花砖墙面仍是平整的。还有一种装饰是使某些方形砖块突出于外，组成表面凹凸有阴影的图案墙面，这种凹凸砖花多用在砖塔的某一段或某一横带，墙面上不大见用（图11－3－13）。

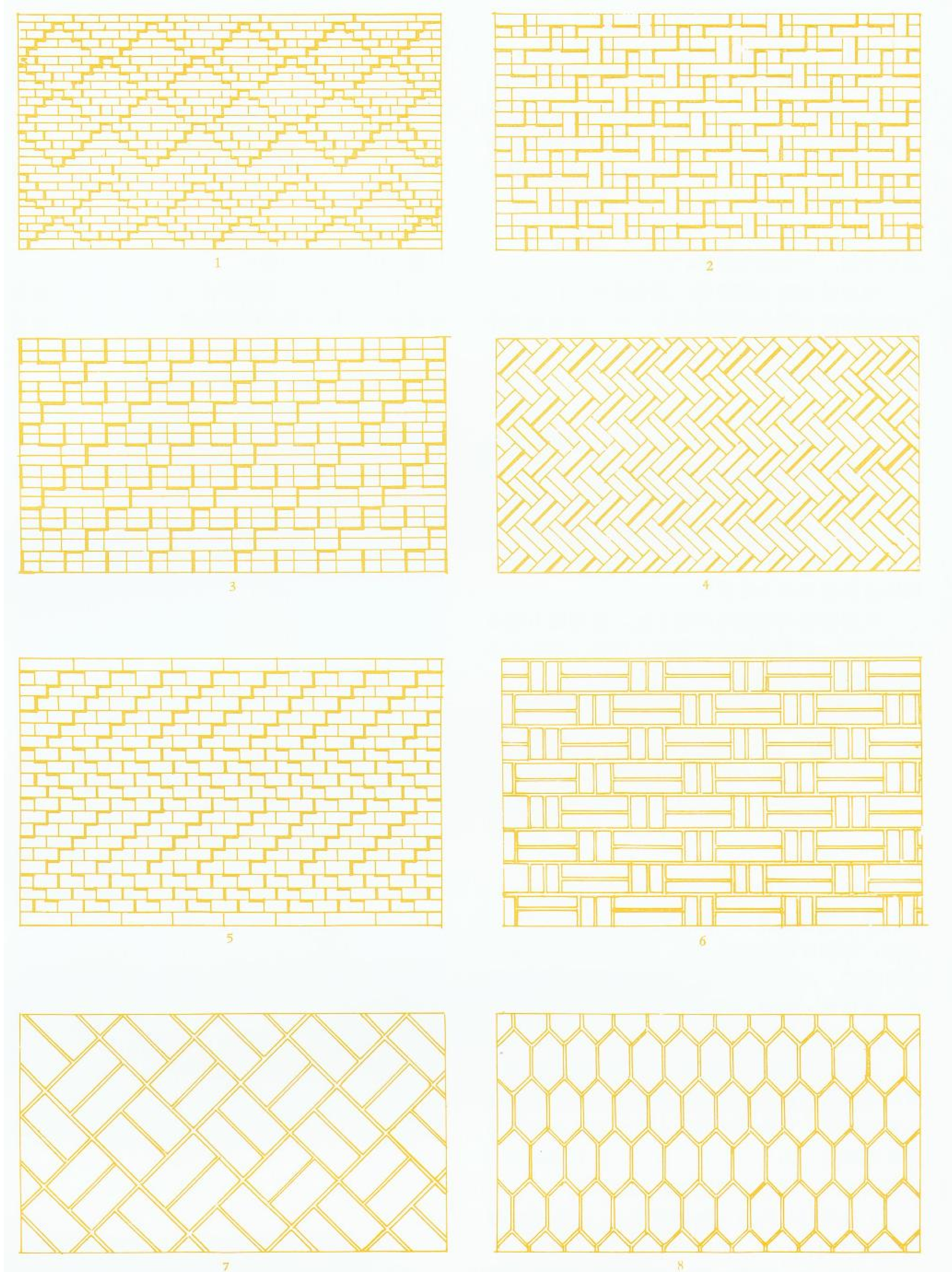


图11-3-13 凹凸砖花和拼花砖面

1.喀什阿巴和加玛扎凹凸砖花；2.喀什阿巴和加玛扎凹凸砖花；3.吐鲁番额敏塔凹凸砖花；4.吐鲁番额敏塔凹凸砖花；5.吐鲁番额敏塔凹凸砖花；6.喀什某礼拜寺拼花砖；7.库车大礼拜寺拼花砖；8.库车大礼拜寺拼花砖

磨砖是把砖砍磨成各种形状如仿木构檩头的砖牛腿、砖菱角牙子等。磨砖都砌筑呈横带状，突出于墙面以外，与线脚配合使用，在砖塔的分段处以及砖塔或砖墙的檐口处形成重点装饰。线脚也用在墙面如框挡、窗线、龛线等分割处，但起伏较小，只陪衬装饰的作用。

模制花砖为方形面砖，其花纹都是几何纹或植物纹，使用不多，大都只作墙面的边缘装饰。

（2）琉璃饰：只有高级宗教建筑物才用琉璃，与内地主要用在屋顶上不同，不但穹顶用，更主要的是外墙上用。琉璃都是面砖，尺寸约28×28厘米和14×28厘米，厚约3厘米。有素平的和模制花纹的两种，按色彩分有单色和彩色之别。单色素平面砖用于大片整面镶砌，以绿色为主，也有少数是黄、棕、紫、群青等色。彩色花纹素平面砖用在墙面分割处作边饰，多白底蓝花和白底群青色花，用彩釉绘出。

模制花纹面砖也是单色，较少。

镶贴面砖前在墙面上先划出位置，以石膏浆粘贴。

（3）抹面：民居及宗教建筑的内抹面，简单的只抹草泥浆，较好的普遍用石膏粉刷。草泥浆抹面后趁未干时洒盐水，然后研平收光，盐水干后形成一层又硬又光的薄壳。不仅室内，外墙和屋顶的草墙面也如此。石膏浆抹面作法是先以1—1.5厘米厚草泥浆找平作底层，中层以1：2石膏黄土浆0.5厘米厚抹平，浆中加黄土是为了更好的与底层结合；面层用纯石膏浆抹平压光，厚0.2—0.3厘米。纯石膏浆中必须加一种维语称作“斯拉吉”的成份，斯拉吉是由某几种野草的去壳种子所磨成的粉末，起缓凝作用，可使石膏浆在半小时内不凝结，这样才能压平，加入量约在5％左右。要求更高的还要加入鸡蛋青，大约一

桶石膏要用二、三十个鸡蛋，目的是使墙面更加光亮。

石膏浆面层和石膏花饰所用的石膏要求此砌筑浆中的石膏颗粒更细。石膏粉刷面外不再刷浆，外墙抹灰都用草泥浆，原色或刷石灰水。

（4）石膏花饰：绝大多数石膏花饰是直接刻出，少数部位用模制。

直接雕刻的石膏花用在主要入口门贴脸的周边、内墙顶周圈、大龛之内、龛外或龛与龛之间的壁柱、抹灰天花等处。先在整个墙面作出石膏粉刷，然后在需要作石膏雕花的地方抹薄层石膏浆作雕花底层，干后再抹石膏浆作面层，面层厚度就是石膏花的深度，约 0.5—1 厘米。两层的石膏浆中都要加入斯拉吉，但底层内还要加入洋蓝，洋蓝与石膏混合成天蓝色。事先将图形描在纸上，沿线刺针，覆于面层，以木炭粉色扑打，再依轮廓线切刻，趁面层没有完全干透以前把轮廓线以外的石膏层剥去，露出平整的天蓝底色。一般几何纹的石膏刻花至此就算完成，至于植物纹的石膏花本身一般还有凹凸，在剥出空白后继续加工。

制成的雕花是一块天蓝底色上的白石膏花板，少数空处需用其他颜色时可涂刷色漆（图 11－3－14）。

石膏雕花比一般模制后再粘贴的石膏花费工一些，但艺术效果比后者要好。它棱角鲜明；没有拼装接缝，故表面及底面都平整光洁；构图完整；底面上有色彩，比完全白的模制花更能突出花纹，加强了装饰性。在有些部位，例如曲面上，要用石膏花时，模制很难掌握，雕制反而容易。

模制石膏花一般用在室外檐口，作连续小龛形；用于室内墙面上部周边，作混面花枝纹，都是白色。模型系用木板直接刻制，模内打磨光洁后涂油或肥皂水翻制石膏即成。还有一种模压泥饰，也用木制阴模，趁泥墙面湿软时用模紧压，干后刷石灰水。漏窗窗格也大多用石膏翻制，成为很好的装饰（图 11－3－15）。

（5）壁龛：外墙面上的浅壁龛主要目的是打破大片墙面的单调感，是一种装饰，已如前述。此处所指为室内用的，简单的只是在土坯墙上留方龛或圭形龛，表面抹灰即可；高级的，则见于喀什一带民居。大型壁龛几乎与整个墙面通高，但较浅，轮廓线也较简单，多呈双圆心尖栱状，龛内作花枝纹石膏刻花，龛外以矩形框线包围，矩形和龛之间的地位作直线组成的几何编织纹石膏饰，与龛内的曲线花枝对比；有时在这个部位是素平的，而雕刻石膏饰用到矩形框档内。

室内还经常使用很多小龛，这些小龛轮廓线相当丰富，作各种各样的壶门样，其中较大的放在底层，龛内可放存被褥；上层是各式更小的龛，可放置小陈设品（图 11－3－16）。

这种小龛的作法是砌墙时预留大龛，粉刷后，在大龛内以石膏板作纵横隔板分成各种矩形小格，再在隔板外贴整块龛面石膏板，以木制样板为准，在龛面板上画出各式龛形，将空白处刻去，最后以刻出楞线的石膏板条贴在龛与龛之间作为分隔即成。各种石膏板之间的连接都用石膏浆粘

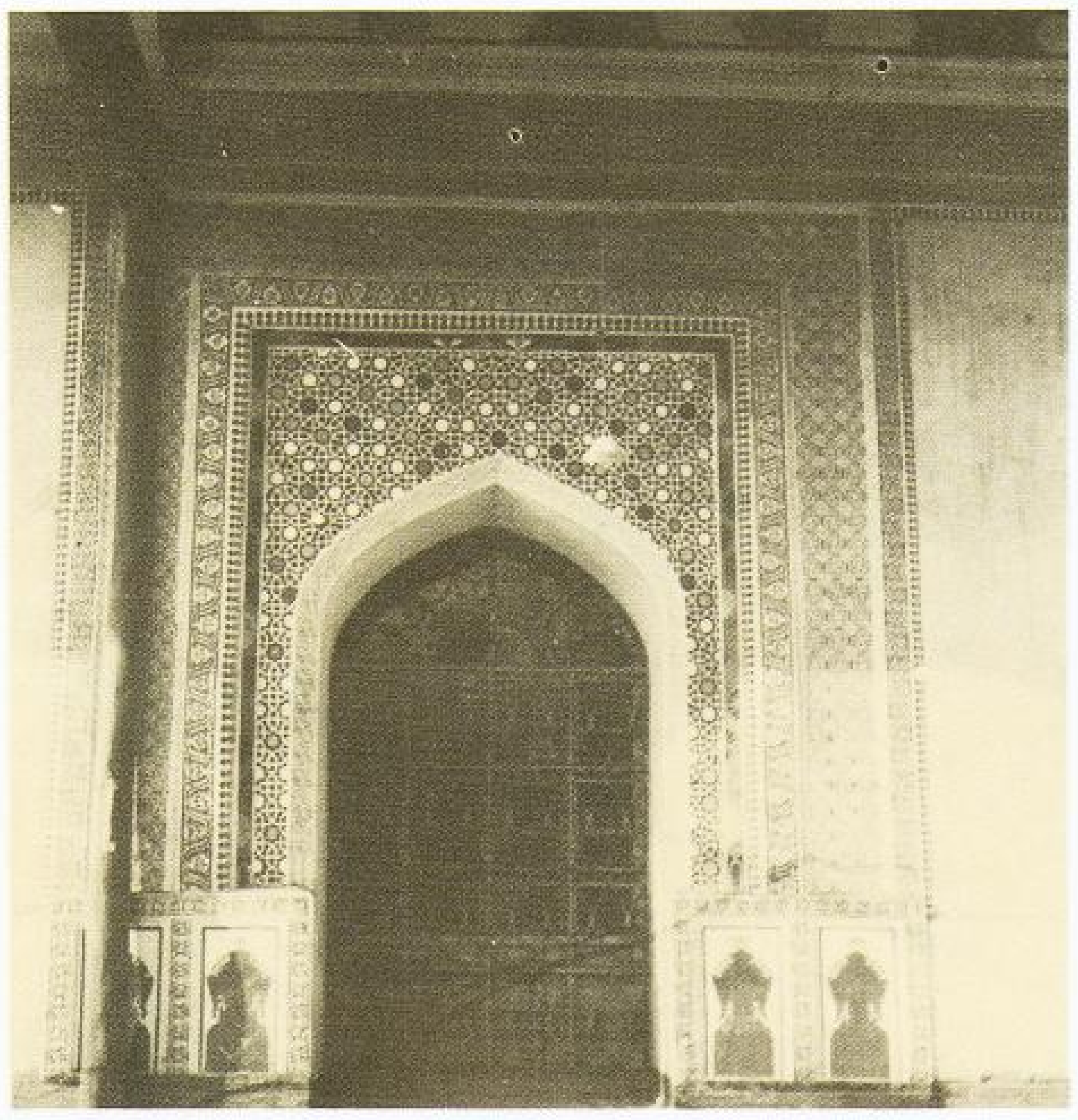


图11-3-14 （1）喀什艾提卡尔大寺内殿入口的刻制石膏花全景

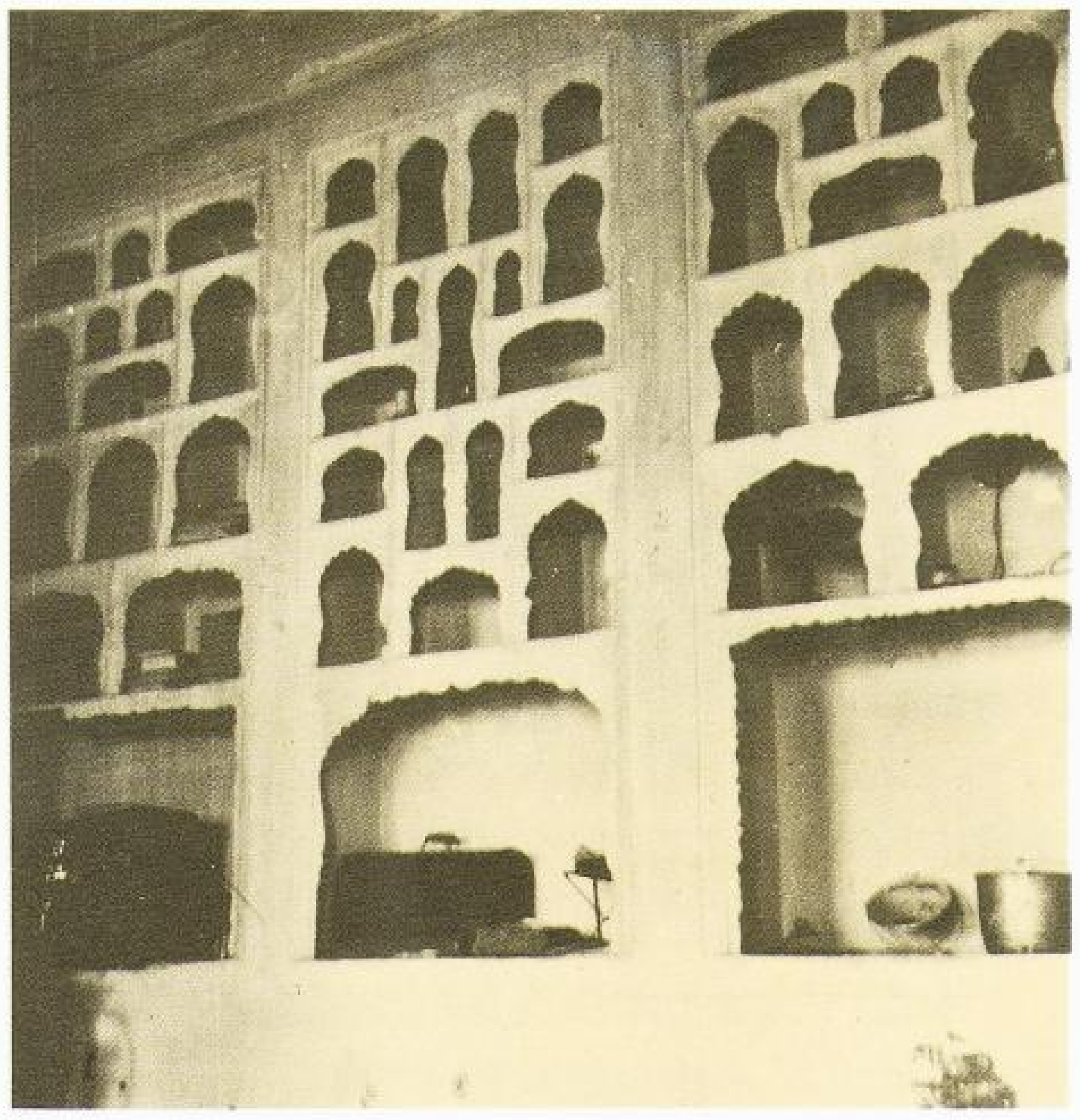


图11-3-16 （1）新疆住宅壁龛之一

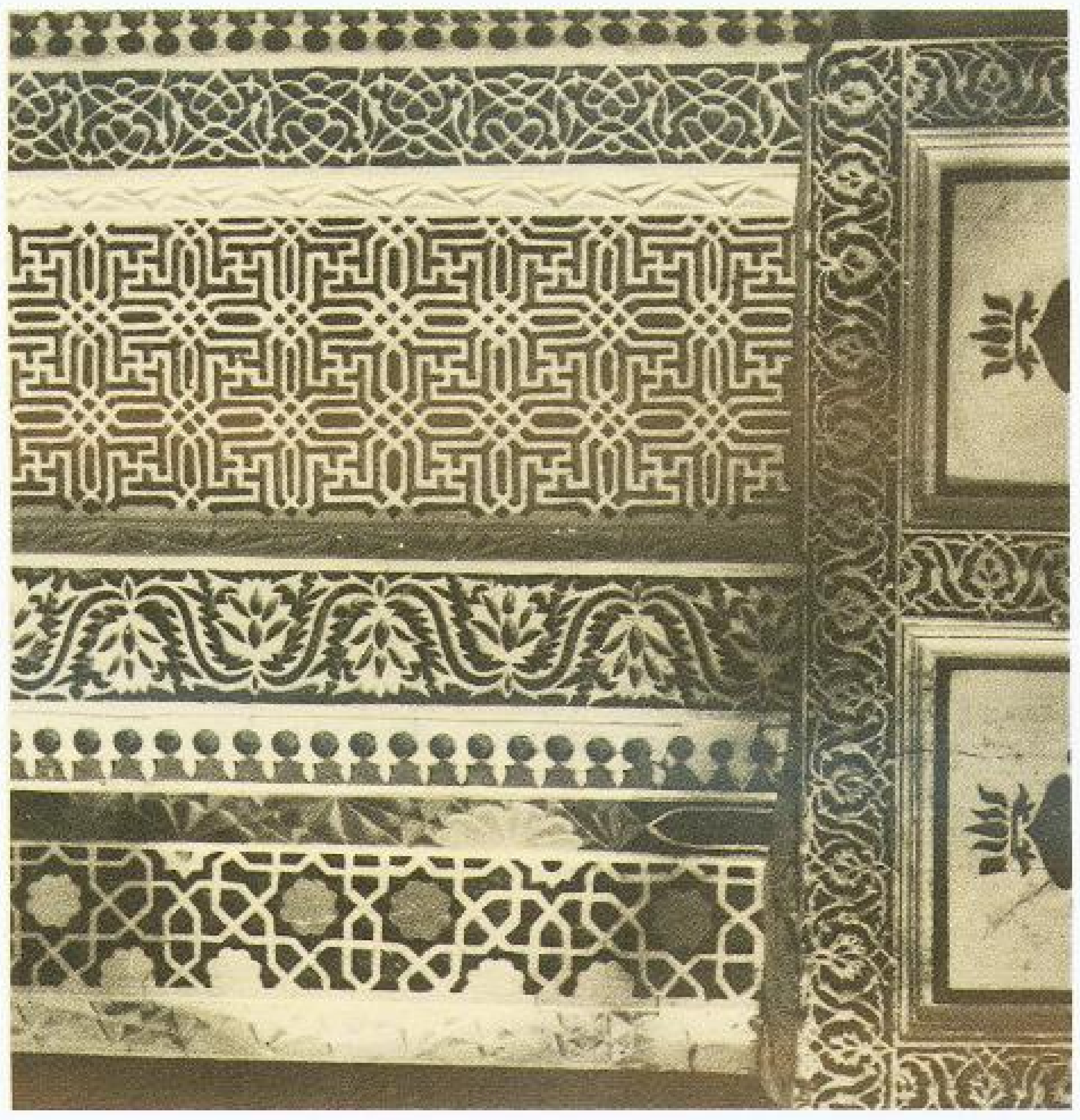


图11-3-14 （2）喀什艾提卡尔大寺内殿入口的刻制石膏花细部



图11-3-16 （2）新疆住宅壁龛之二

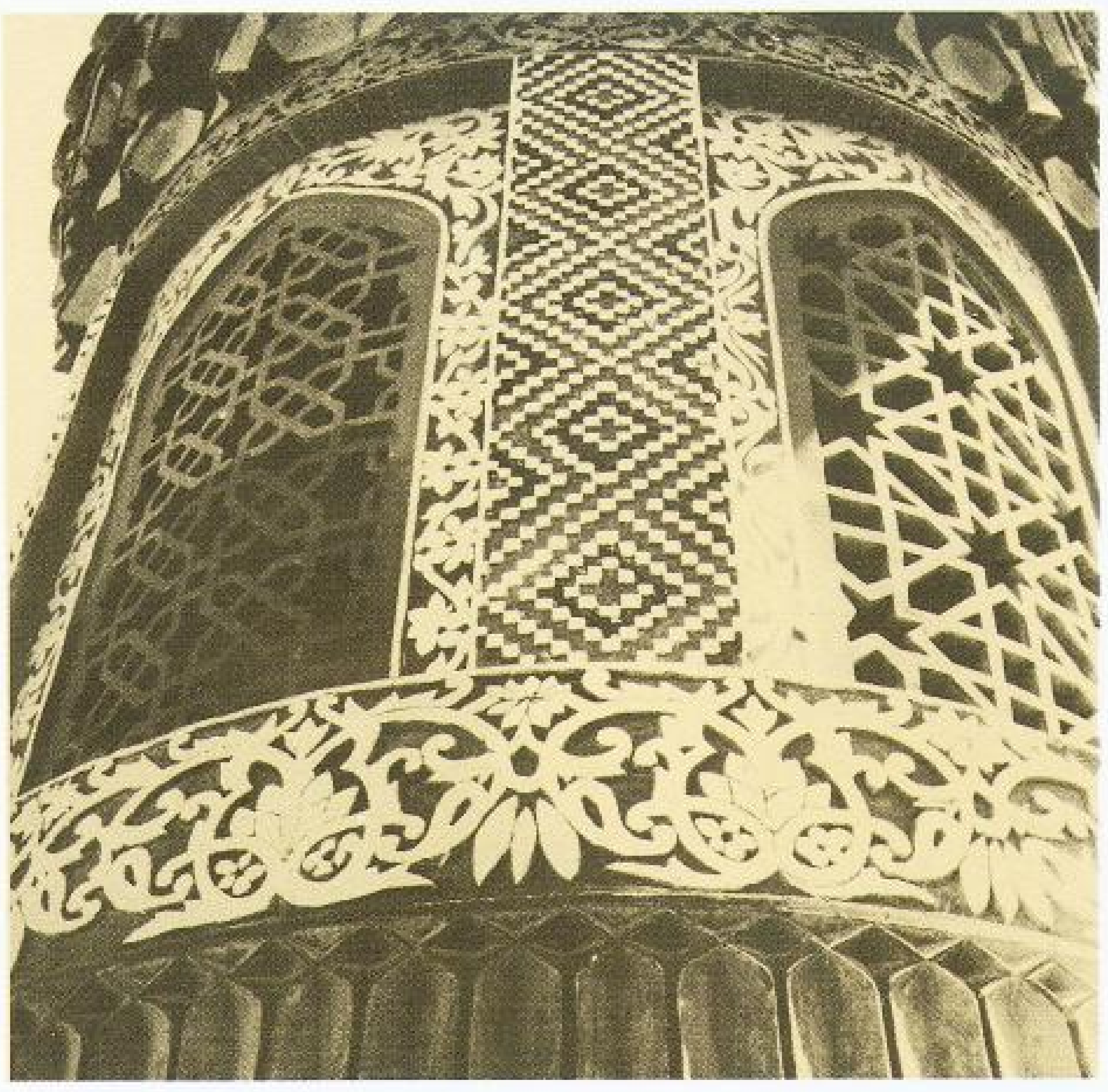


图11-3-15 喀什阿巴和加玛札圆塔上的石膏装饰

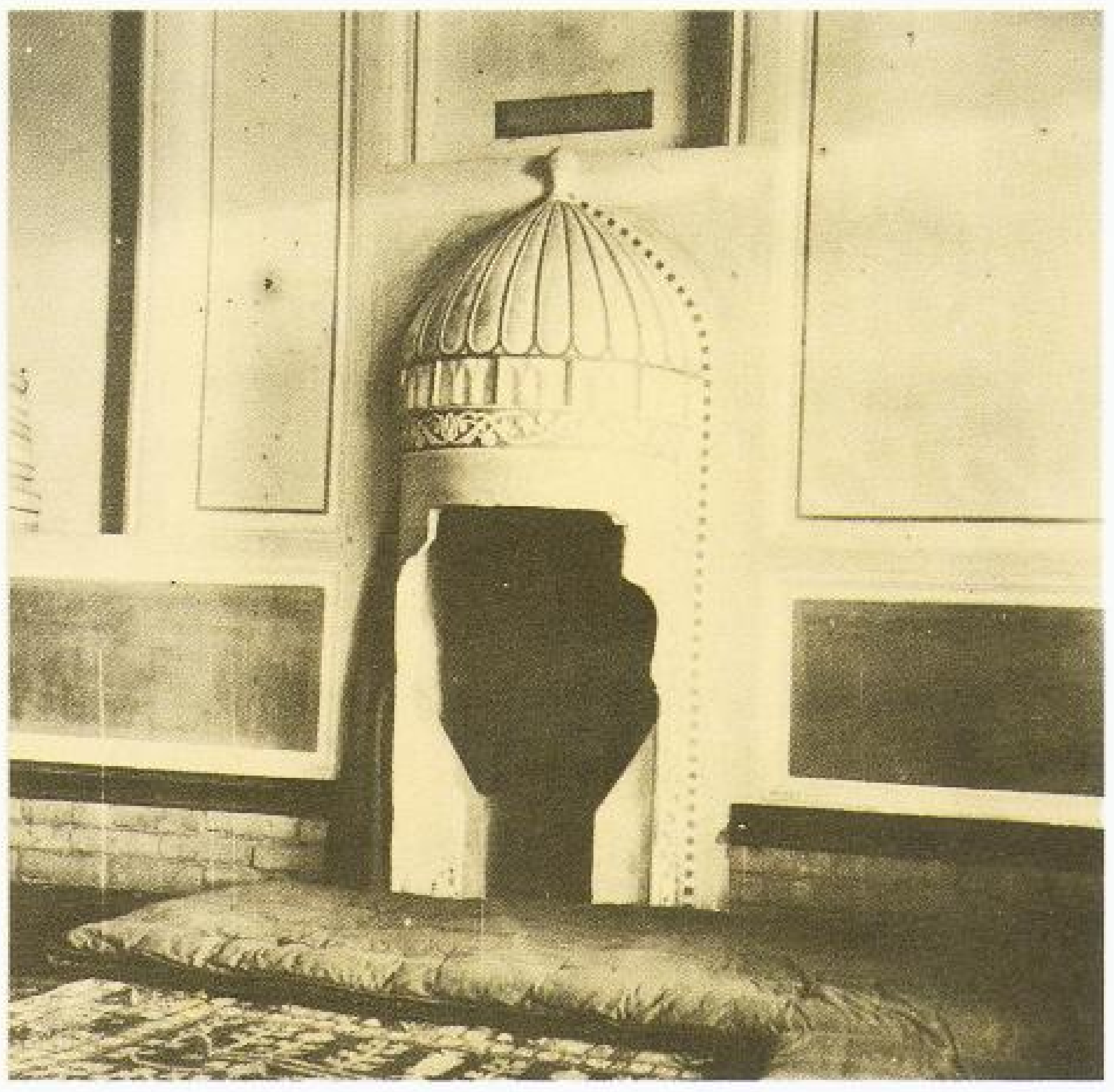


图11-3-17 新疆住宅壁炉示例

接。壁龛具有很好的装饰性。

（6）壁炉：壁炉用于取暖，但也是室内装饰之一，在室内装饰整体设计中就考虑了壁炉的位置。壁炉也作龛形，凹入墙内，另外用石膏板作出平面三角形的炉罩突出在房间内，罩檐有石膏花饰，罩顶有的是平的，有的作穹顶。壁炉或放在转角处（图 11－3－17）。

石膏花、壁龛、壁炉花式繁多，配合变化十分丰富，因篇幅所限，此处不过只列举其大略作法而已。

（7）木饰：维族建筑木构装饰也相当丰富。除了木构本身可以作富有装饰的形体外，在木材表面常施加木雕。

木框、雀替、木檩头是广泛利用形体本身作装饰的地方。木柱由通长整木作成，下大上小，柱身断面简单的是方形，大多用在民居；用在宗教建筑中的都是八角形。柱全高约 2/5 以下的部位是轮廓变化的地方，但其凹凸变化都在全柱断面范围以内，即凸轮廓的最高点都不超出八角形以外。到最底部断面都作方形，形如柱础，观感上产生稳定的感觉，木柱下无石础。除最简单的房屋外，上述柱饰是最通行的。

民居建筑柱上部一般无柱头，直接顶在“大雀替”[1]下，但雀替的轮廓则有各式变化，丰富了柱上部的构图；有的柱头部分也略作简单轮廓变化，但绝大多数宗教建筑的内外木柱都作出复杂柱头，上大下小，轮廓丰富，全部用贴雕法作成。这种柱头上有大雀替，承纵横井字梁，梁上承檩。

上述柱下部及柱头装饰在同一建筑中往往并不统一，甚至一柱一式，几十上百种式样同聚一堂，生动地体现了建筑装饰程式化阶段以前的活泼面貌。

檐下檩头都刻作牛腿形状，也成为很好的装饰（图 11－3－18）。

木材表面的木雕，使用在木柱下部，柱头，正面木梁的雀替部位，檩木，木檐口，木天花上，少数用在柱身和雀替上。方法有阴线，减地平钑，压地隐起，和贴花等几种，少数有用透雕的（图 11－3－19）。

减地平钑是用刻刀沿花纹轮廓刻出垂直沟纹，再用凿子将花纹以外木材表面凿成斜面即成，花纹以内的木材面与斜面以外的木材面仍是同一平面。有的利用半圆形的凿子代替刻刀依次凿打出由许多半圆组成的花纹轮廓，可以提高施工效率；压地隐起较高级，是将纹饰以外的底面全部刻去，使纹饰突出于底面以外，比较费工。其纹饰本身起伏很小，大多仿雕刻石膏花的断面，少有作曲面的，更不见内地明清木雕花的穿枝过梗，卷叶舒筋等作法，仍属木雕技法的早期阶段。以上二者的纹样都用事先作好的木样板覆于木面上画出。

木贴雕内地少见，但维族建筑中大量采用。

1）“大雀替”非指雀替形体很大，而是指雀替的一种作法，即左右雀替通长连为一体，柱顶顶在雀替下，习称此种结构法为“大雀替”。



图11-3-18 （1）柱头、雀替、檐口装饰



图11-3-18 （2）木柱头细部

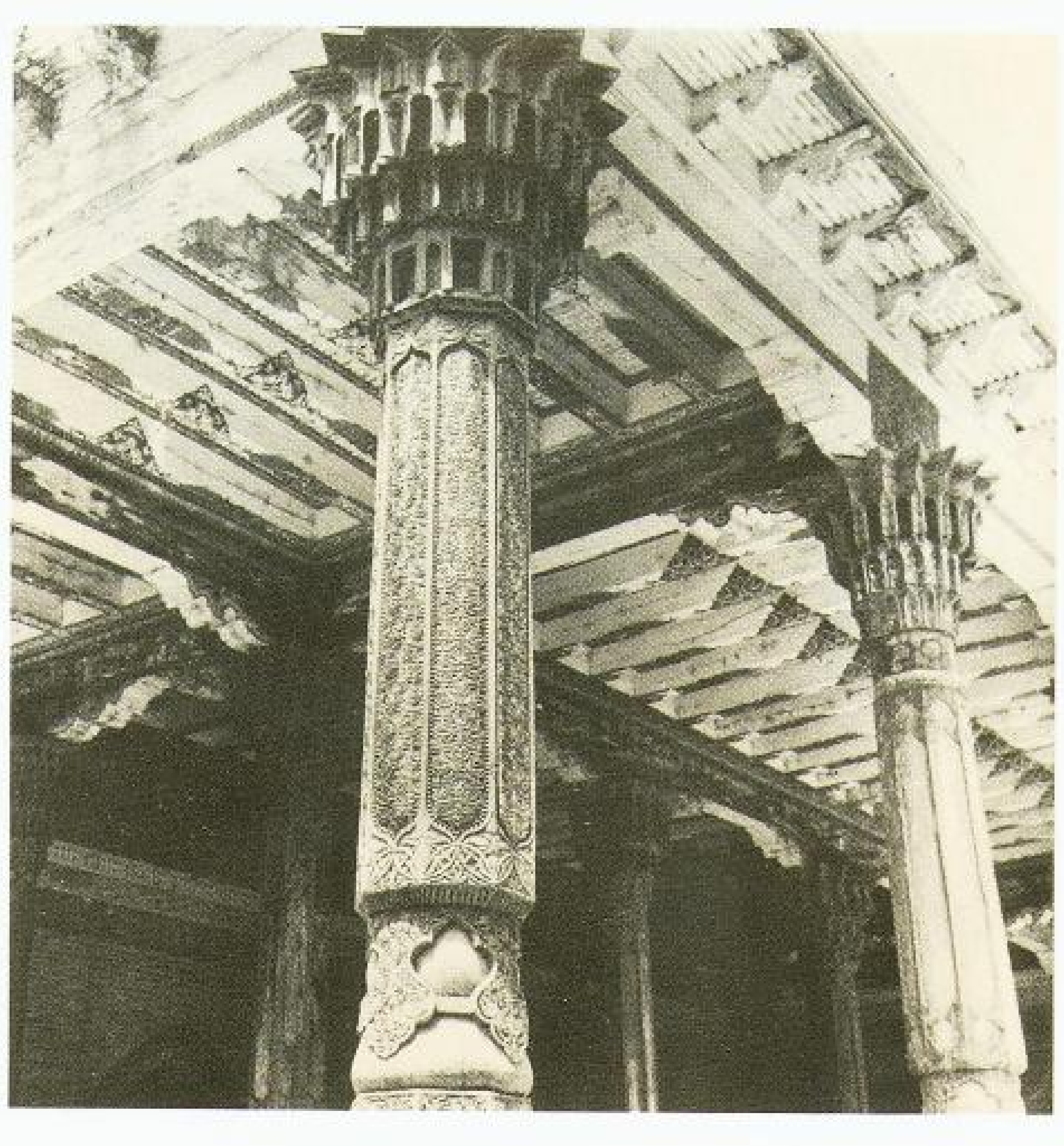


图11-3-19 （1）雕花柱子

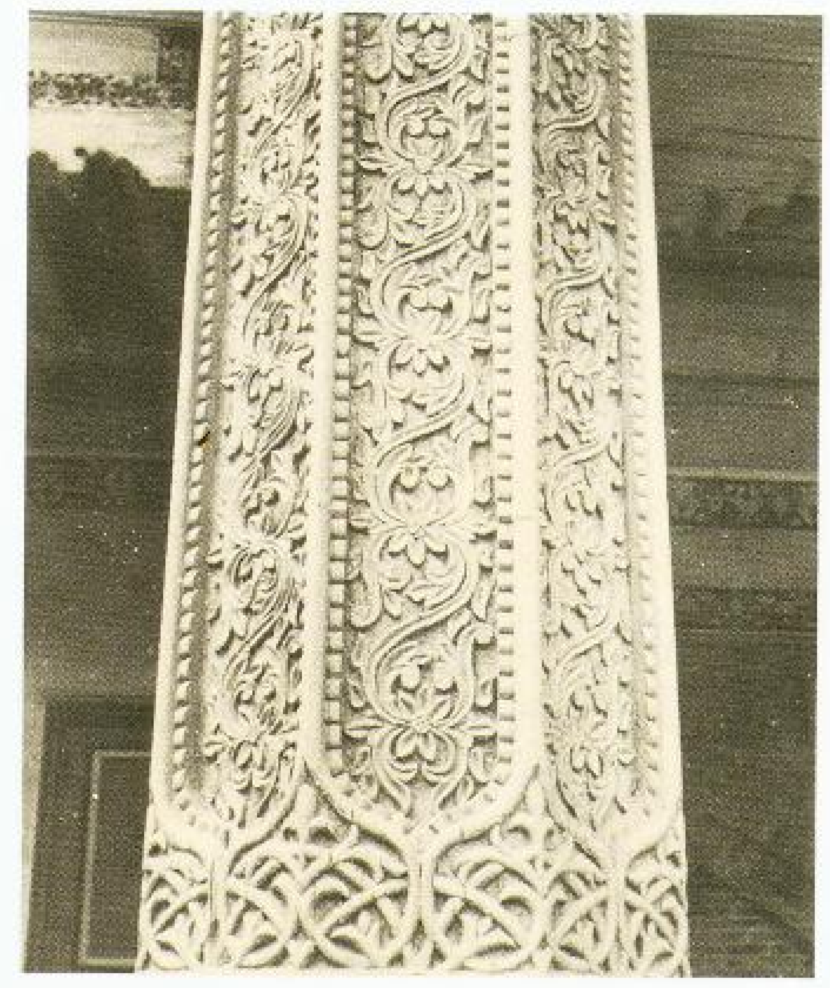


图11-3-19 （2）柱身木雕细部



图11-3-19 （3）柱身下部木雕细部



图11-3-19 （4）柱脚木雕细部

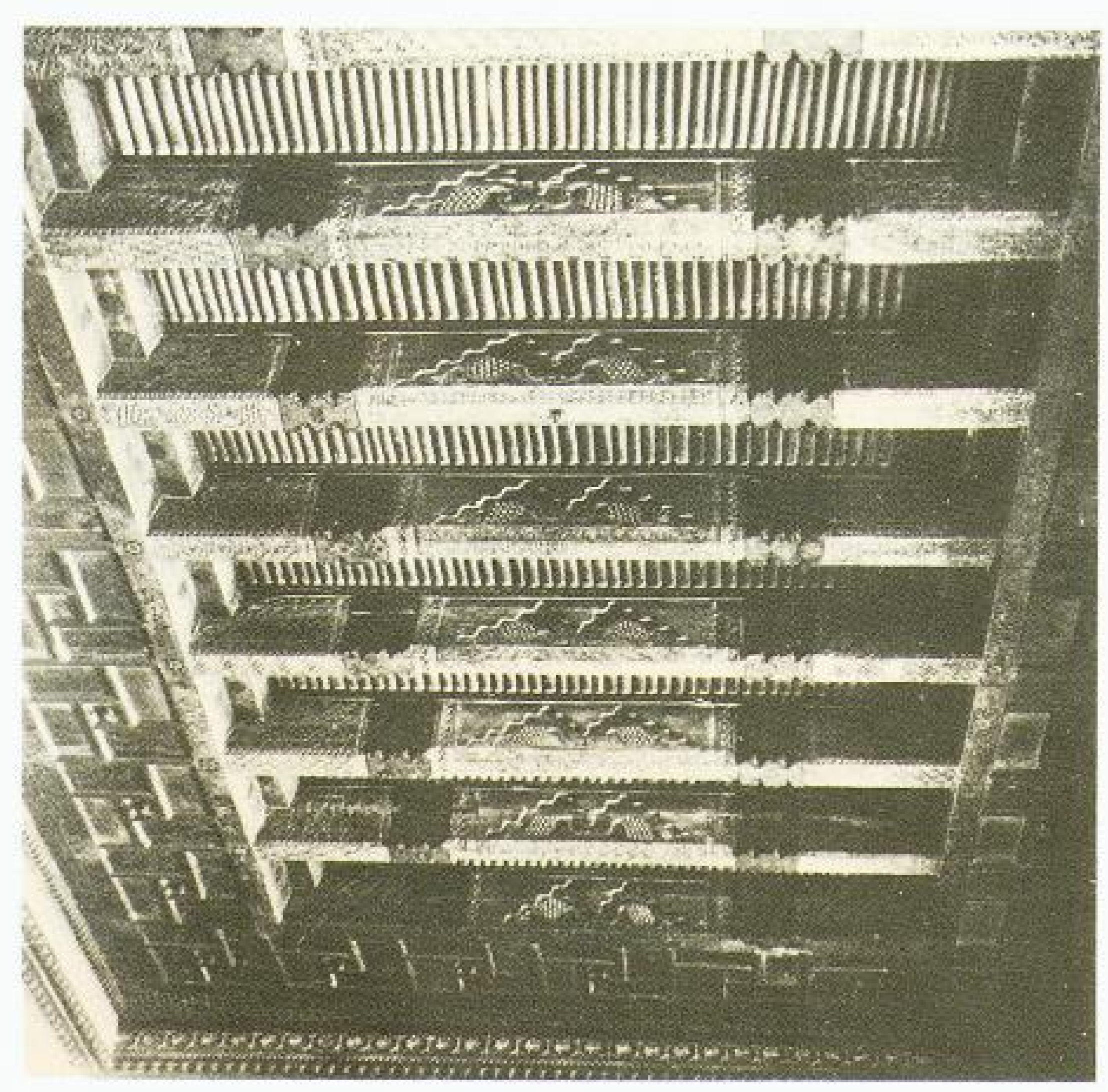


图11-3-19 （5）室内檩条上的木雕

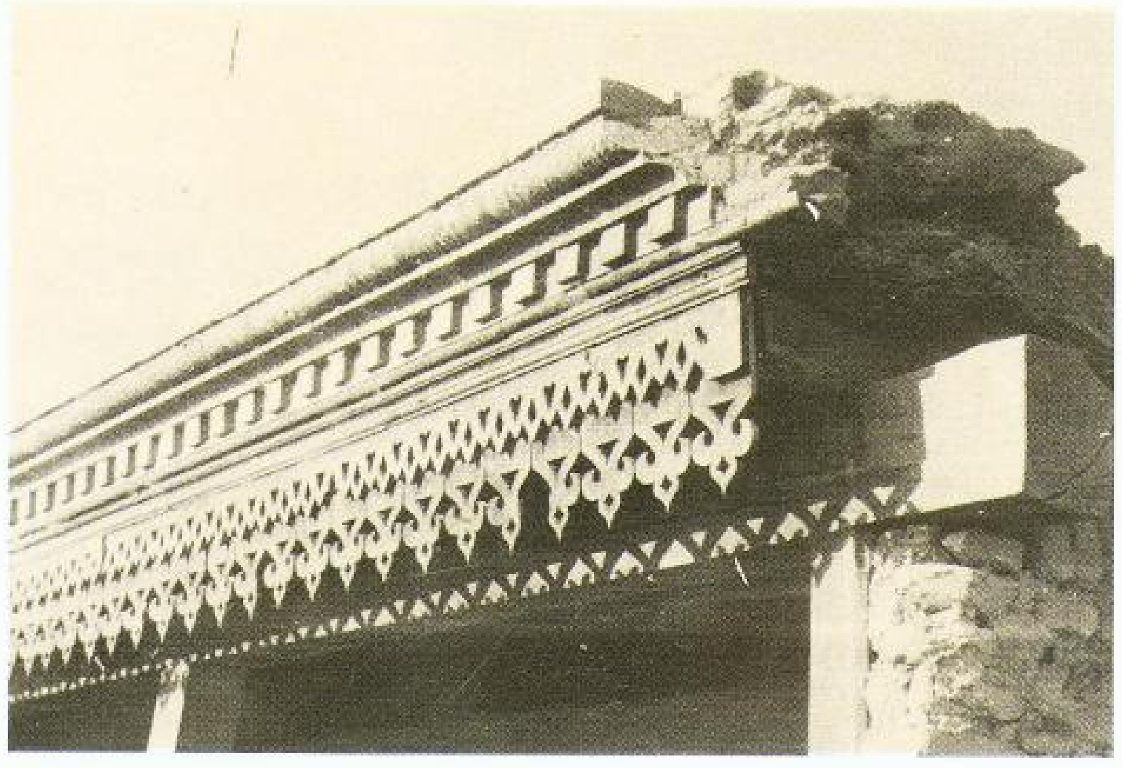


图11-3-19　（6）檐口构造

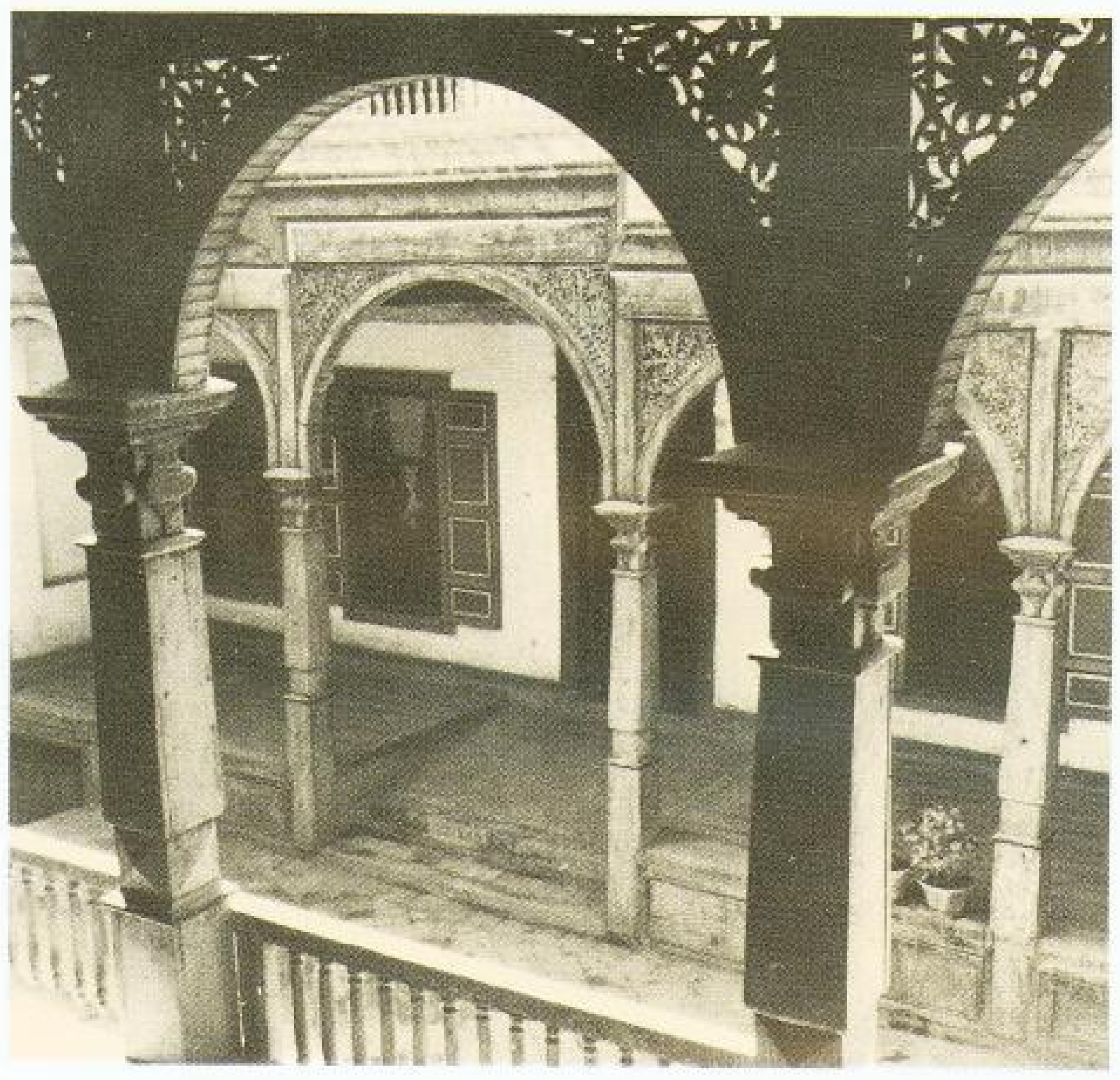


图11-3-20　喀什小庭院前廊柱透雕

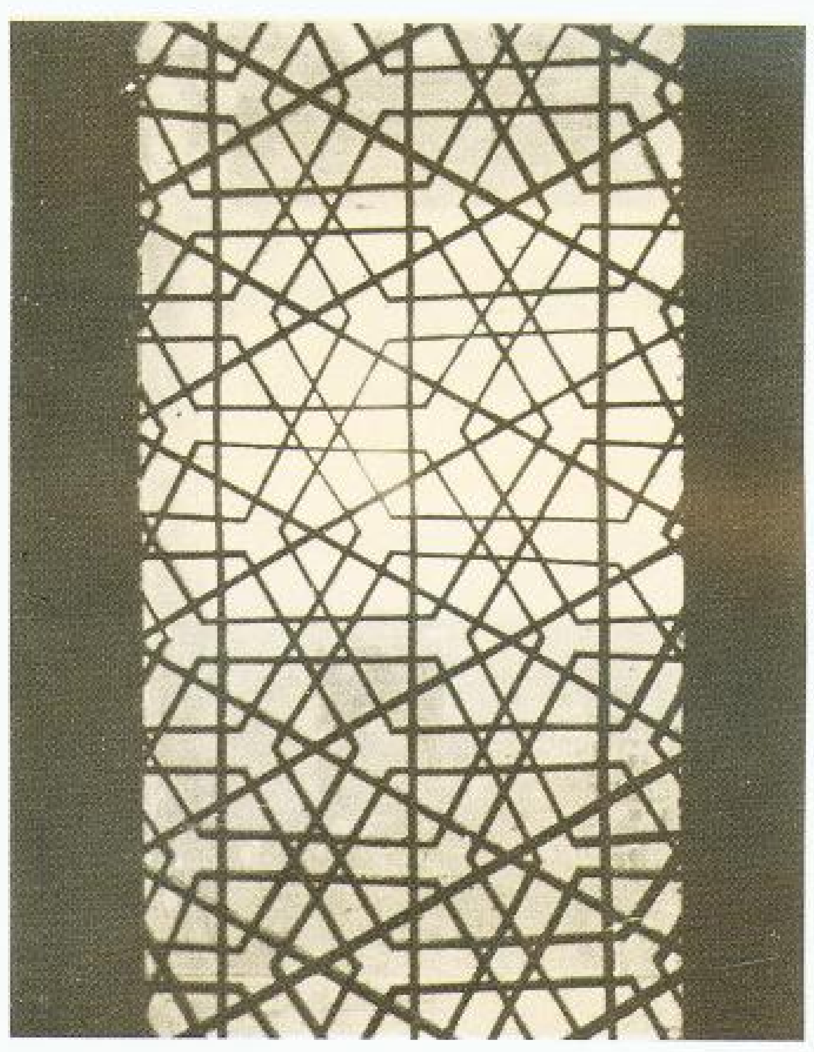


图11-3-21　（1）木窗格式样之一

大型柱头多用贴雕法作成：将柱头化整为零，事先作出很多小雕刻件，层层钉贴，最后组成一个造型丰富的柱头。这些小构件大多是雕刻成龛形的，也有锯成花板形或其他形状的。贴雕也可用在封檐板上和木天花上。距人眼较远的高处，贴雕也是事先依样板画出轮廓，然后依线锯成花板，钉贴在装饰面上即成，比较省工易行。古时锯曲线花纹系沿线密钻小孔，再用窄锯条锯成。现时已多用钢丝锯制作。透雕是用木板锯出透空纹样，本身无起伏，用在民居廊柱的木圆拱券上的三角形部位（图 11-3-20）。

门窗贴脸筒子板和门扇等的线脚都用各式线刨刨成，在阴角处常用事先制好的 1/4 圆断面的连珠纹木条或其他阴角木条钉贴。窗扇形式有由方棂，旋出的圆棂等组成的直棂式，有花板窗，或直棂与花板混合的式样，也有通常和内地一样用木拼成如方格、回文、万字等式，后者用在大窗上，受汉族影响很大（图 11-3-21）。同一建筑窗格也不统一，甚至各窗异式。

大门及雨罩装饰在比较高级的住宅也有很好的处理。

（8）彩画：雕刻石膏花饰有的是彩底白石膏花，有的在墙面上部周圈绘蓝底留白的花样代替石膏刻花。

所有露明半圆木椽及檩，都不加彩画油漆，原色外露或刷白石灰浆。民居中的木材表面也多不施彩画油漆。彩画主要用于宗教建筑的柱子、柱头、雀替、梁和中心部位的藻井上。除藻井外，其他都作单色或分色平涂，无花纹；藻井彩画则繁缛丰富，大部都分格作彩绘写生折枝花，配合彩色几何图案组成。彩画都是先以水色刷成或绘成，外涂以清油或不涂油（图 11-3-22）。彩画受汉族影响较多。

六　建筑实例介绍

为了对新疆少数民族建筑能有一个完整的印象，并对前文未能包括的内容加以补叙，现介绍几处实例如下。

（1）民居：维吾尔族是一个勤劳智慧的民族，有许多良好的民族生活习惯，成了民居建筑中民族风格的重要因素，概括说有以下一些：

爱好庭院生活：只要是气候条件许可，多在庭院中起居生活，如待客、进餐、缝纫、乘凉等，夏天的炊事活动也在户外，并喜露宿，如吐鲁番及和田居民全年露宿时间达半年之久。维族喜爱歌舞，遇喜庆节日或亲友欢聚，辄弹琴歌舞，庭院是最好的场所。故民居多有庭院，院内设敞廊，廊中有低土台，铺地毯，还有灶坑或夏季厨房。与此相应，非常爱好绿化，院内广植花草树木（同时发展到平屋顶上，在屋顶置盆花），既美化了环境，又调节了小气候。

讲究清洁，整齐，盥洗必用流水，清污分开，不乱泼污水，设渗水井。室内忌物品乱放，所以墙面要有壁龛存被褥及小物件。室内精心布置，尤喜用织物如壁毯、地毯、门帘、窗帘，同时具有装饰及实用价值，因为维族喜在地毯上坐息甚至被褥铺在地毯上睡眠。土炕甚低，家具不多，无高家具，故房间层高甚低，约 2.8 米以下，有 2.5 米左右甚至更低者。窗台也低。

维吾尔族好客，即使简陋住室，也必以一主要房间为客室，平时作起居室用。

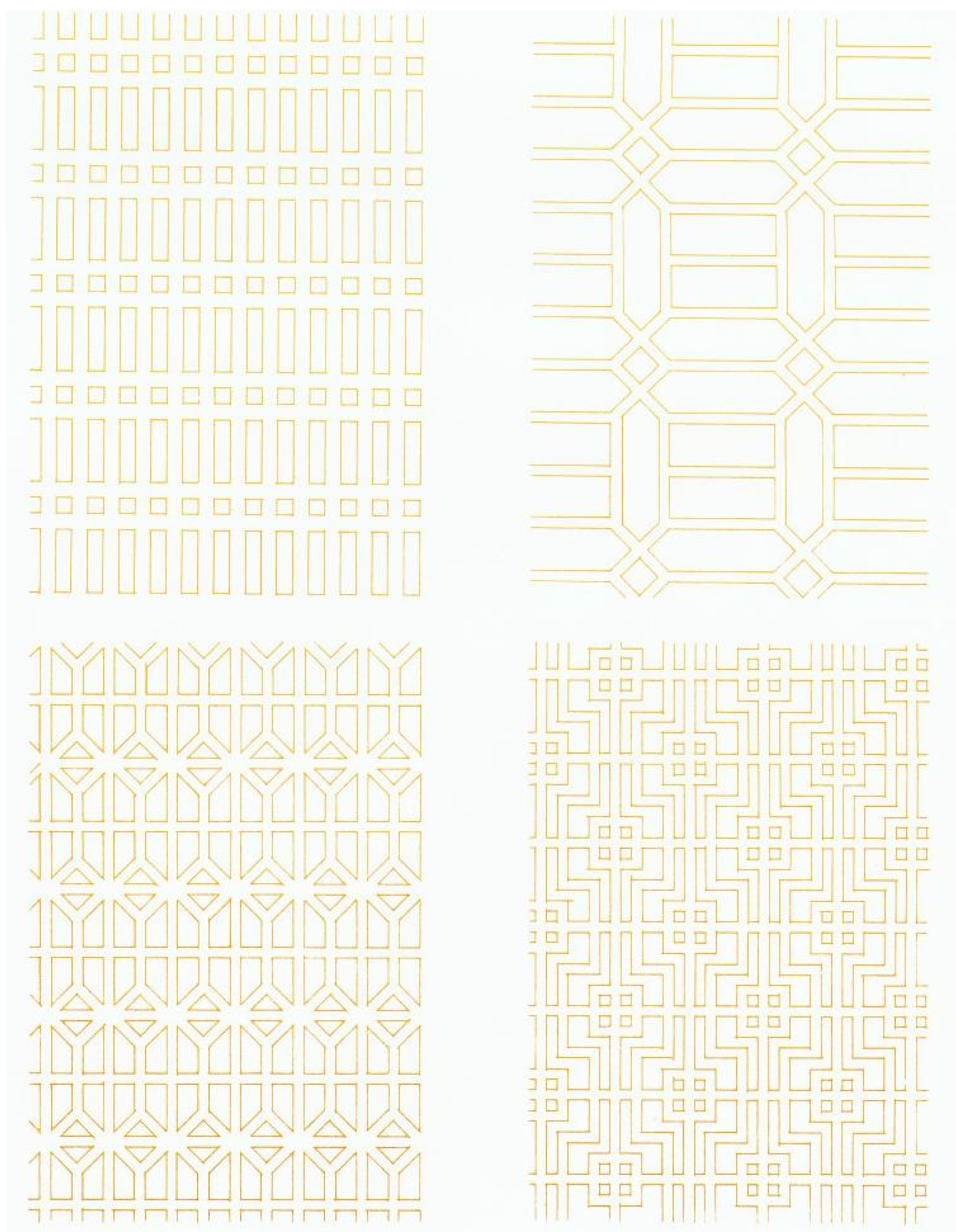


图11-3-21　（2）木窗格式样之二

以壁炉、墙和土炕采暖。南疆干燥，广泛喜用顶部采光。

由上述诸事，推测这种习俗可能与古代庐帐居住时期的生活习俗有关，尤其如壁毯、地毯、席地坐卧及天窗采光等均可能是庐帐“以毡为墙”、“地铺毡罽、坐卧于地”，及庐帐顶部天窗等的遗存。

1)喀什民居：喀什气候干燥而温暖，人口稠密，每户居住地段比较狭小，取封闭外墙的长方形独院式布局，庭院较其它地区为小，房间进深浅，主要房间以长向面向庭院，房间之间布局紧凑。皆为平屋顶。

图11－3－23所示是一种称作“阿以旺”的住宅形式，是比较古老的传统布局，现存的“阿以旺”有早到三、四百年的，其特点是以名为“阿以旺”的大厅作中心，这个大厅较高，约3.5—4米以上，面积也较大，内部木柱木檀上架密排的木椽，中心的几个内柱之间敞开作天井。大厅沿边设高度40—50米的矮土台，各室也作天窗采光，除屋顶上小室外，无侧窗。

对“阿以旺”的来源有不同的解释，有认为是一个房间的名称，作夏季居室用的；有认为是古代部落公共聚会的场所，以后才逐渐演变为一种住宅格局。“阿以旺”在和田更多，库车也有。

图11－3－9所示代表喀什一般的小庭院住宅，在长方形地段上围绕中心小庭院建二层平顶楼房。庭院四周上下均有廊，底层廊中设土台，满足户外生活需要。各室均面向庭院开窗，院墙封闭，窗台低。庭院中大树直穿而上与屋顶花草形成一个绿化环境。同时庭院也起着一个通风天井的作用。南疆重视防晒，小庭院也利于防晒。

喀什民居更多的使用壁龛，有人统计某住宅室内大大小小各式各样的壁龛竟有上百个之多，除放物品及陈列品外，也起墙面装饰作用。

这种住宅布局，可能是由“阿以旺”式演变而来，小庭院就是“阿以旺”大厅中心天井发展的结果。

2)吐鲁番民居：吐鲁番盆地，海拔在海平面以下一百余米，周围高山围绕，气候干燥炎热。7—9月平均温度达30℃以上，比广州还高，而且延续时间长，酷热期达一百天，古代称为“火州”。由于少云雾，戈壁反射又强，冬天仍然很冷，一月平均气温－7℃。所以，如何隔绝寒暑尤其是防热成为民居的重要课题。这里采取的办

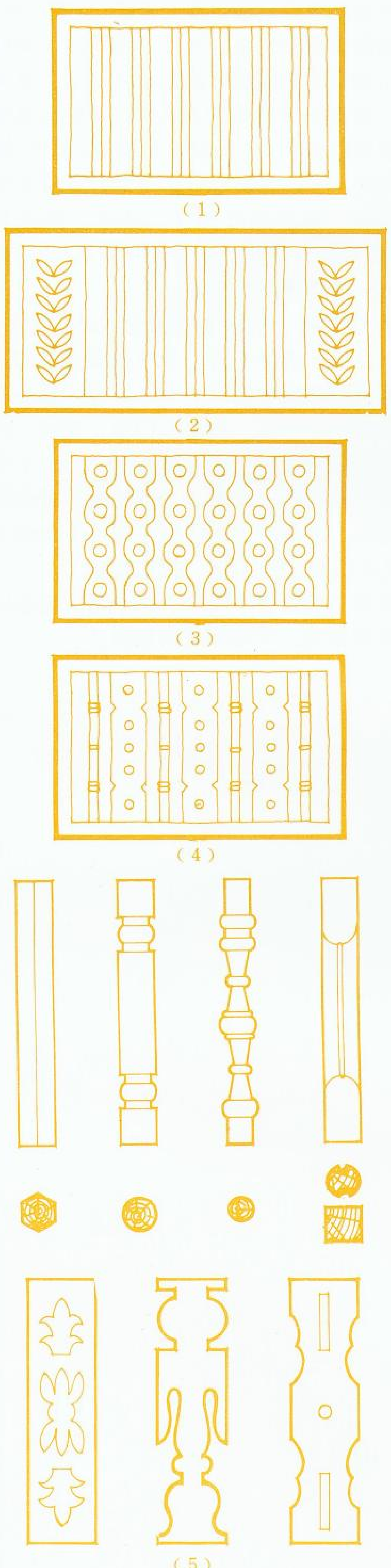


图11-3-21　（3）直棂窗与花板窗
1.直棂窗式；2.直棂与花板混合窗式；3.花板窗式；4.镟出的圆直棂与花板混合窗式；5.各种花板和直棂形状

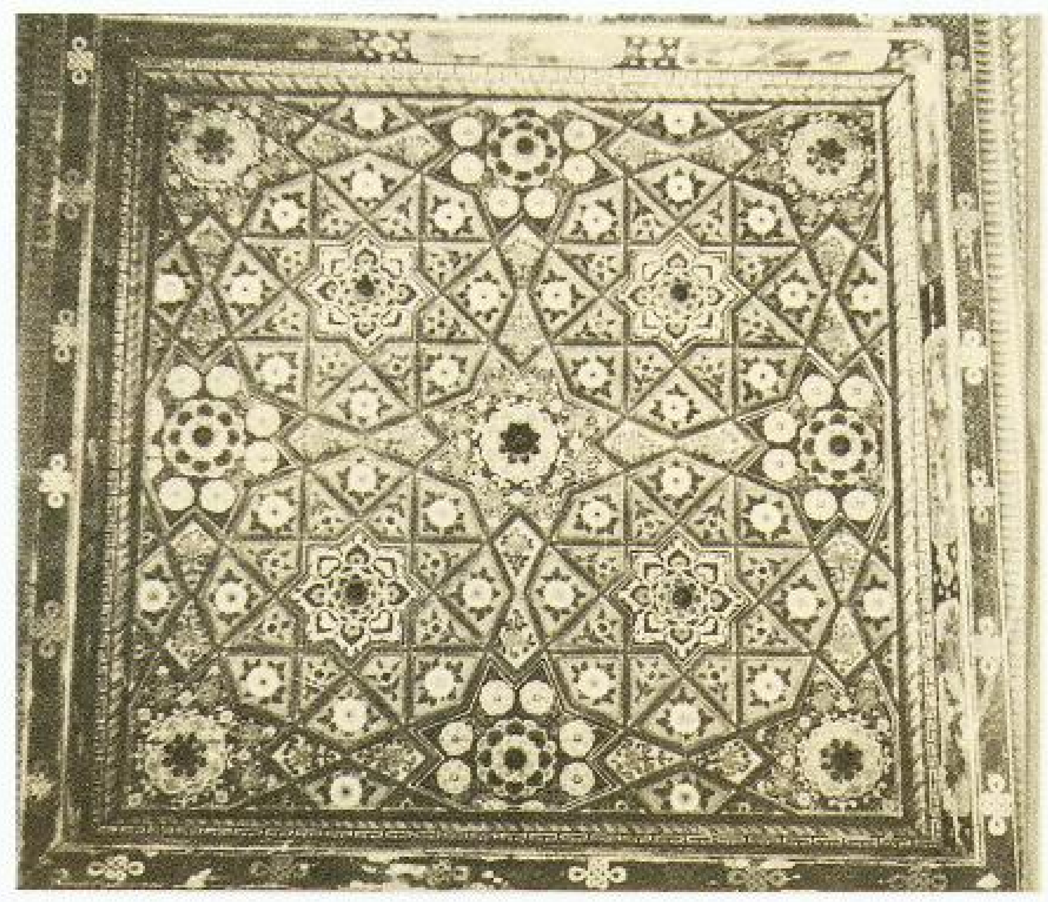


图11-3-22　（1）藻井彩画之一

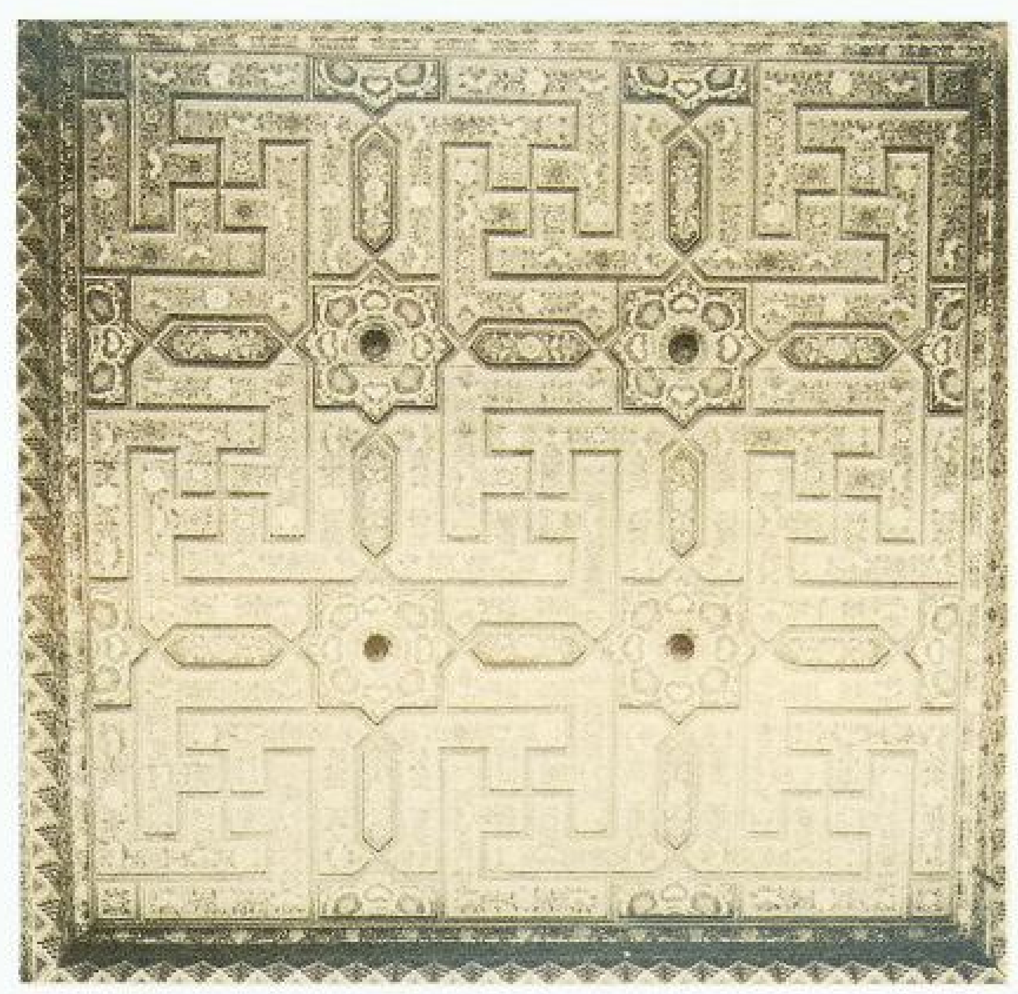


图11-3-22　（2）藻井彩画之二

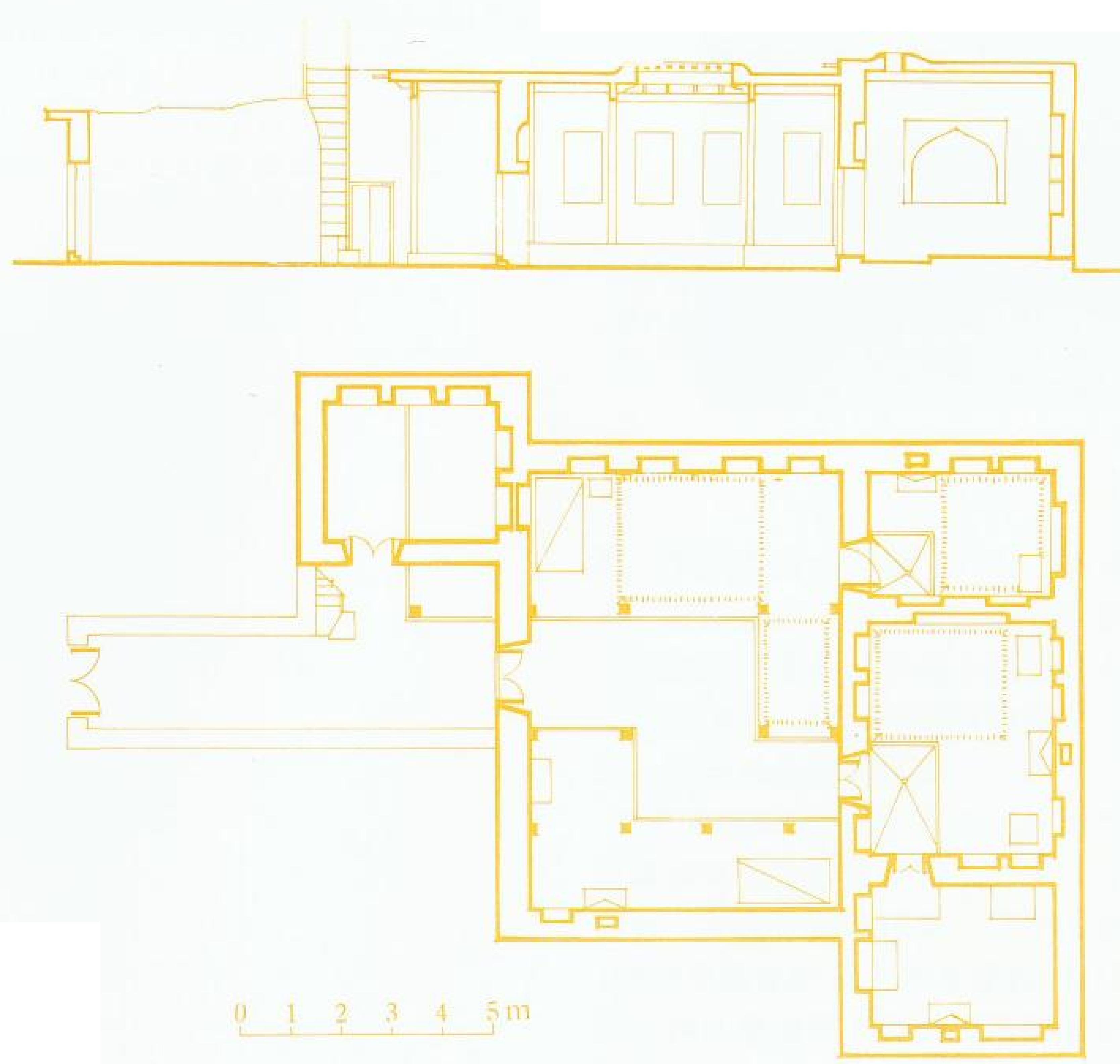


图11-3-23　喀什“阿以旺”住宅示意图



图11-3-24 伊犁民居院内一隅

法是广泛使用地下室或半地下室，几乎家家如此，甚至将院落也挖成凹坑，效果很好，还广泛使用土拱建筑，利用挖地的土作成土坯，可免运土之劳。同时地下室、半地下室利用室壁抵抗土拱的外推力，也提高了房屋的稳固性，生土墙又可省却许多劳力，干燥少雨也利于延长土建筑的寿命，这些都是本地区建筑的特点和优点。

这种作法，起源甚早，交河、高昌故城中就有下穴上室，挖地作室留生土等作法，交河城中还有比较完整的凹坑院落和院落周围的窑洞遗存，据明代文献载有“其地有城郭田畜，每盛暑，人皆穴地而居”[7]。又“房屋覆以白垩”[8]，也是反射烈日降低室温的一个办法。

此外就是院落和室内的通风，往往用筒拱作成门洞，有良好的穿堂风，夏日常于此起居活动。在居室筒拱顶部留天窗，利于室内通风。

楼房部分带外廊，使主要房间进深浅，长向面向外廊。木结构平顶，覆草泥面，极少用瓦。这和南疆其它地区是一致的，宋时王延德使高昌时，就记载有“架木为屋，土覆其上”的作法，它的原因是土平顶的热稳定性较好。有的民居在大半个院落上空搭防晒棚，使院落一片荫凉。农村住宅，常在楼层以土坯砌出四面透空花墙的葡萄荫干房，形成此地特有的风光。

3)伊宁民居：伊宁地处北疆伊黎河谷，地形向西北方向敞开，北冰洋水汽和寒流可以长驱直入，故冬季寒冷，夏季凉爽，湿润多雨雪，木材资源丰富。

适应以上条件，伊宁民居院落多较大以争取阳光。墙厚而防寒，在窗外又普遍加木板窗，晚间关闭，可以保持室温，板窗上的墙面常作三角形木窗楣装饰。为防潮湿，房屋和前廊都建在砖台上，室内多用木地板。也用平顶，但平顶在冬季需经常扫雪，夏季雨水又多，每隔一、二年即需修葺，故较好的住宅则用坡顶。

院内亦重视绿化，使伊宁有花园城市之称(图 11-3-24)。

(2)宗教建筑：过去，新疆地区由于政教合一，宗教首领也就是地方的掌权者，他们出于统治的需要，大力维护伊斯兰教；因而伊斯兰教建筑就成为旧时新疆各地规模最大、质量最好、装饰最富丽的建筑类型。

伊斯兰教建筑玛札和礼拜寺两类：玛札即坟墓之意，小型玛札只是土墙围护的一片墓群，聚族而葬。或有在其中主要玛札，建方形或八角形平面墙上复圆穹顶的建筑（维语称“拱拜斯”），皆土坯砌（见图 11-3-7）；围墙入口处建拱门和土坯圆塔。

大型玛札是宗教首领及其家族的墓地，除在玛札上建大型砖结构拱拜斯外，还一如礼拜寺，增建礼拜殿。

伊斯兰教不设神像，礼拜寺只是信徒祈祷的场所，布局自成一格。

礼拜寺都有带角塔的门楼和礼拜殿（图 11-3-25），此外还有水渠或水池供祈祷者净手、净身之用。大的礼拜寺还有群房和向外开门的店铺，群房供学经学生居住；店铺商业收入是寺院收入的一部分。

总平面布局一般只是在一个大院中沿周边布置建筑，要求礼拜殿一定要座西向东，故总入口在东者，入门迎面就是大殿；总入口在南者，入门左转才能进入大殿；在北，则右转，未见总入口在西面的。除此而外，布局自由活泼，不求规整对称（图 11-3-26）。

门楼系砖结构，礼拜殿为砖木混合结构，分内殿、外殿两部；内殿四周有墙，对于大殿后部，内殿的前方或左、右前方是外墙。外殿前檐敞开，或有三面都敞开者，仅后部有墙的，面积较内殿为大。

1)喀尔艾提卡尔礼拜寺（图 11-3-27）：寺位于喀尔中心广场西端，初建于清嘉庆三年（1798年），曾经多次重修扩建。

门楼在全寺东南部，平面八角，建八个尖拱龛，各龛之间在龛背上又各建一小龛共十六龛组



图11-3-25 （1）库车大礼拜寺

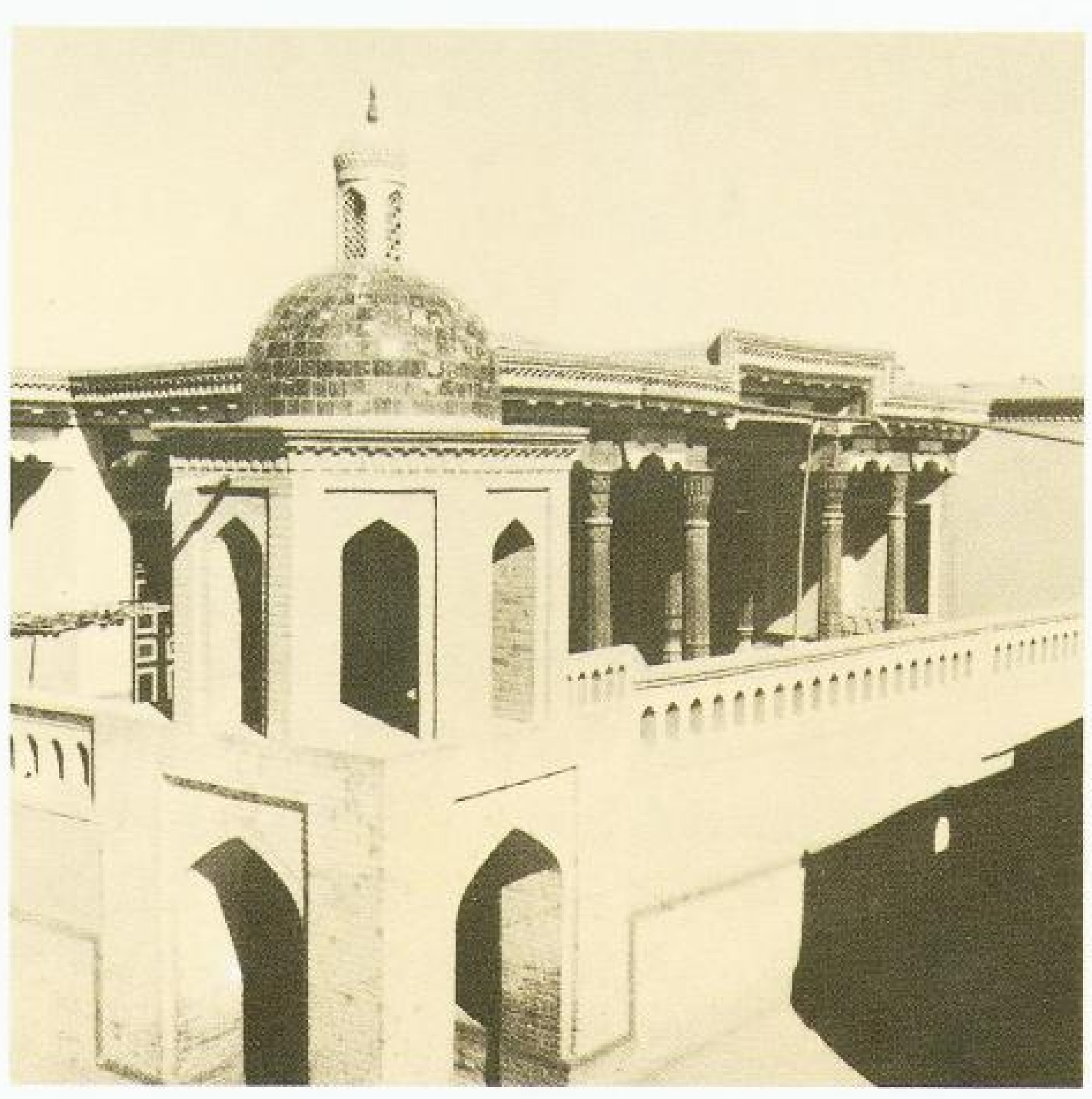


图11-3-25 （2）都木买提礼拜寺

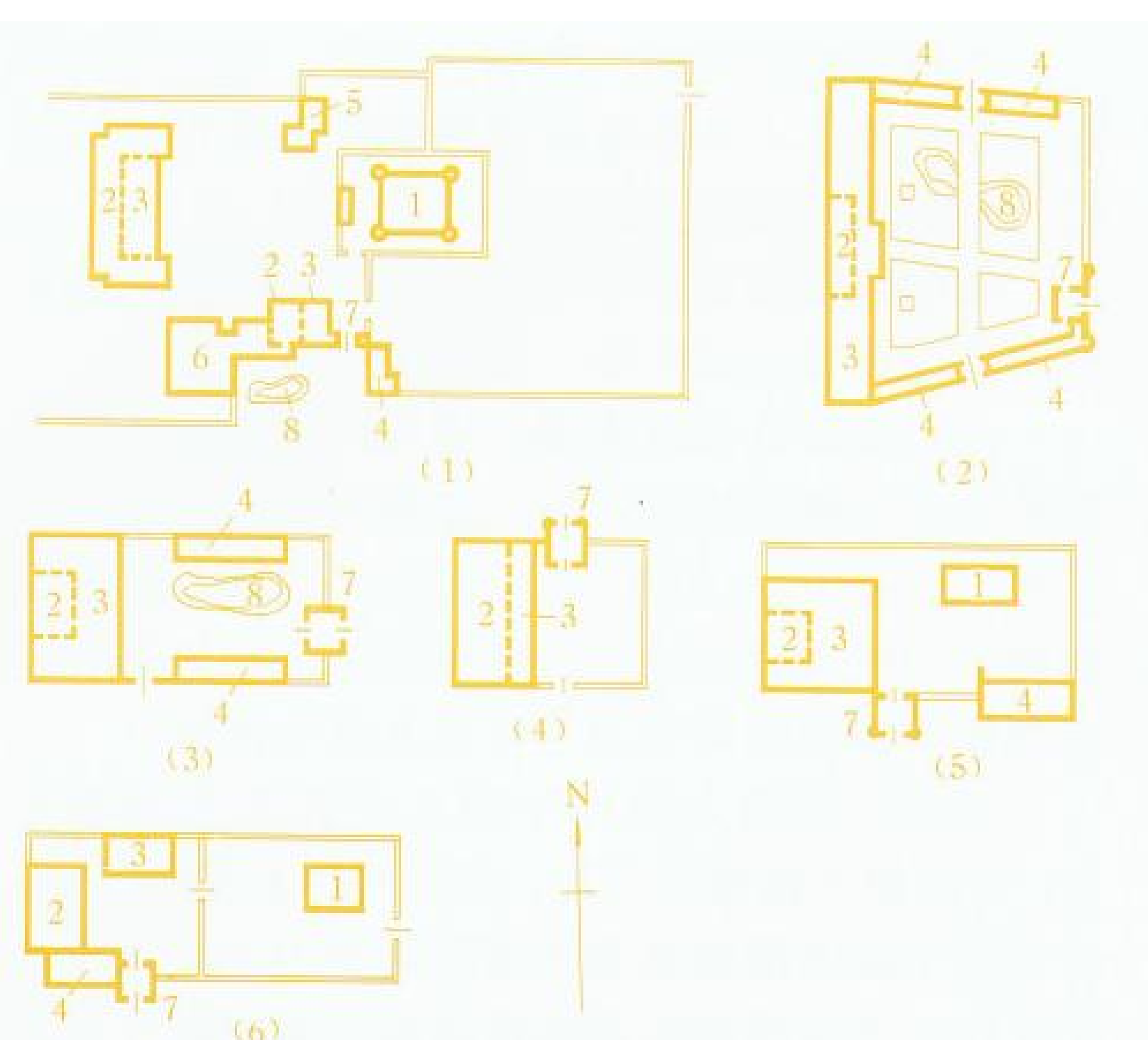


图11-3-26 维吾尔族礼拜寺及玛札建筑总平面示意

（1）喀什阿巴和加玛札；（2）喀什艾提卡尔大寺；（3）莎车某礼拜寺；（4）洛浦巴额达特玛札；（5）库车大礼拜寺；（6）库车默拉纳额什丁玛札

1.玛札；2.内殿；3.外殿；4.群房；5.其他礼拜殿；6.讲经堂；7.大门；8.水池



图11-3-27 喀什艾提卡尔礼拜寺

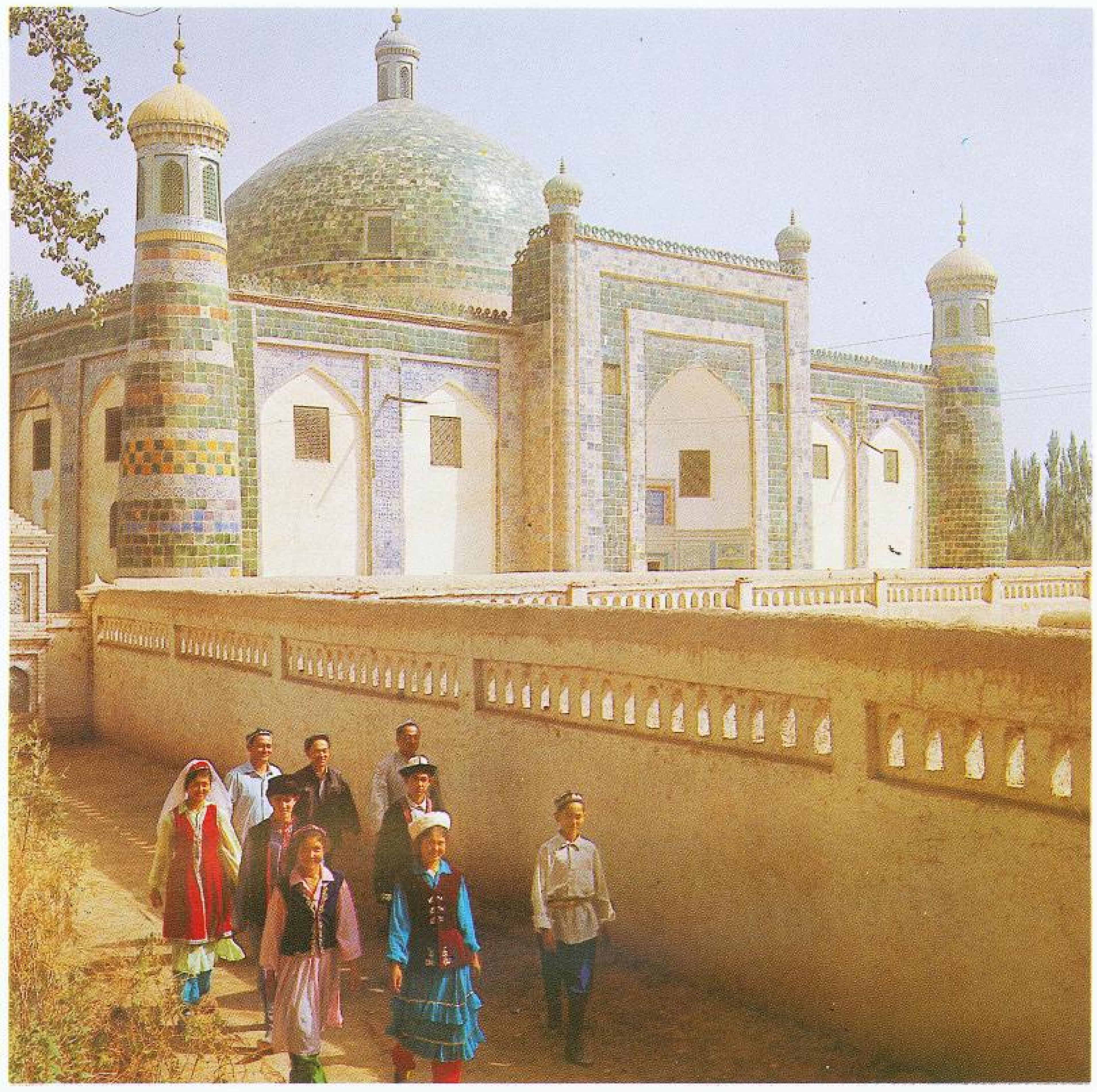


图11-3-28 喀什阿巴和加玛札（香妃墓）外观

成正十六面形，十六个龛之间的三角形墙面弧转砌至龛尖标高时成圆形，上面接建圆筒墙再复跨度 9 米的半球穹顶。正面入口是矩形门墙，墙平面终结处各有一圆塔。门墙正中为大龛作门洞，门洞外左右及上部的墙面砌浅的小龛。又另在门墙北侧邻近处和南侧较远处建二圆塔，北塔较粗，南塔较细，南塔与门墙之间建带有较深的两个壁龛的墙，二塔同门楼一起形成不对称的均衡构图。

礼拜殿座西向东，总面阔 140 米，38 间，每间约 3.7 米。其中部四间总进深约 24 米，6 间，每间约 4 米，其余进深都只 4 间。内殿只占面阔中部 10 间，进深占 3 间。内殿正面入口门周有极精美的彩底石膏雕花。

院落南北面各建一列土墙土结构平顶群房，每间群房又隔为前后两间，向外的是店铺。群房朝向内院的立面砌作尖拱龛形。群房的中部又各有一个寺院出入口，院中有水池。

2）阿巴和加玛札：在喀什东郊。阿巴和加家族从十七世纪末开始曾长期控制南疆地方政教权力，这座陵墓就葬有该家族的五代人，共 72 个坟墓。阿巴和加陵初建于 1826 年以前，原来规模并不大，以后曾加以扩建，成了现存的规模。

入口在建筑群的南郊，进入大门北行转向东侧就是座北朝南的拱拜斯。拱拜斯整体平面为正方形。中央为 16×16 米，四面砌大尖拱，拱背四角砌小角拱合成八角形，同时墙面弧转为圆形，由圆筒段接建半球穹顶，穹顶上有小圆亭。

在四个正向大拱处平面又向四方作半圆突出，使内部平面呈十字形，突出部分上覆半穹顶。十字形平面内墙和方形外墙之间的四个空间建筑跨度约 1 米的纵联砖筒拱甬道通向螺旋梯可上至夹层和屋顶。

外立面四角建四个圆塔，上部也有装饰华丽的小圆亭。南立面正中处理同于一般入口，有中心大龛，高起的门墙和两端的圆塔、圆亭以及门墙上的小龛等等。其余三面都是平直墙面，墙面上砌出七个浅的尖拱龛，龛内有木格作为夹层的采光口。除各龛内为抹灰面外，其它部位及中央穹顶都是琉璃砖饰，以绿色为主贴大面，以白底蓝花砖镶龛线，室内皆抹灰，白色。大穹顶顶脚有一圈蓝底白色石膏雕花，中央穹顶及四向半穹顶都有天窗。

整座建筑造型稳定均衡，以中央大穹顶为构图中心，以高门墙，深龛阴影，丰富的石膏饰和小龛饰出入口重点；又以各个小圆塔及塔顶上的小圆亭与中央穹顶取得呼应，配合得十分得体完美，色彩陆离。（图 11－3－28）。

该陵墓建筑群中有三座礼拜殿，其中主要的一座位于总平面最西部，座西向东。内殿是由一系列小跨度的连续砖穹顶组成的凹字形长廊，每间都开拱门通向外殿；外殿为内殿所围，总面阔 62 米，也是凹字形。

第四节　回族建筑

回族在我国少数民族中，是一个人口较多，分布较广的兄弟民族，它大约在 13 世纪前后融合、发展而成。在 19 世纪中叶以前，陕西、甘肃、云南是回族的主要聚居地；后来以甘肃、宁夏、青海等地较为集中，同时由于迁徙和经商等原因，而分散居住全国各地。回族人民大多数从事农业、小手工业及商业，他们虽然同汉族杂居，但往往在乡自成村落，在城自成街巷。回族大都信仰伊斯兰教，在集居区内普遍建立清真寺，以清真寺为中心进行宗教活动。因此，回族古代建筑以清真寺为最著名，它的形式随时代与地区的不同而有变化。

我国伊斯兰教的历史，可追溯至唐代。公元七世纪初，伊斯兰教创兴于阿拉伯，时间相当隋代末年。唐代时，我国和大食（即阿拉伯）间的通路主要有两条：一条走海路，出广州；一条走陆路，出新疆库车；早在公元七世纪中叶，大食商人就到了我国东南对外贸易港口和西北地区。伊斯兰教最早大概是由大食商人传入的。由于宗教活动的需要，在唐代已开始建造礼拜寺。

伊斯兰教礼拜寺建筑，在总体布局上与汉族建筑座北朝南的传统不同，礼拜殿均座西朝东，教徒礼拜时面西，朝向“圣地”麦加的方向。在建筑装饰上，按照伊斯兰教教义，无偶象，反对拜物，因此不作任何生物的写实纹样，而发展了抽象的几何形和阿拉伯文字图案，但到后期并不严格，植物纹样应用很多，因为伊斯兰教在其向外传播过程中已不断加入其他民族文化艺术的成份了。

伊斯兰教建筑技术的成就，突出表现于礼拜殿的建筑。伊斯兰教的宗教活动要求所有教徒都需进礼拜寺做礼拜，因而礼拜殿建筑需要有较大的空间，以便容纳更多的群众，并且殿内要求通风采光，这便带来了伊斯兰教寺院建筑结构和形式上的特点。

一　早期伊斯兰教建筑

我国伊斯兰教建筑的历史早于回族形成的历史。早期的伊斯兰教建筑虽然并非回族所建，但他们影响到后来的回族宗教建筑。现存唐宋间早期伊斯兰教建筑，平面大多不对称，在材料结构上多为砧石建造，在形式上也极明显地表现出曾受到阿拉伯建筑技术与艺术的影响，以历史上著

名的四大寺——广州怀圣寺、泉州麒麟寺、杭州凤凰寺和扬州仙鹤寺为代表。

（1）广州怀圣寺：创建于唐代。现存"光塔"平面为圆形，底径8.85米、高35.46米，为双层砖壁筒式结构。内壁之中用土填实成为塔心柱，双壁间砌梯级盘旋而上，形成一个刚性较好的结构整体。圆形塔身外表为光面无装饰，向上逐渐收分，在技术上这是造成稳定的需要，外观具有明显的阿拉伯式寺院"塔楼"的特征。砖壁内外均用灰色灰浆粉面，此殆对砖的砌法还不十分了解之故。塔顶原有指示风向的"金鸡"，现也已不存。对于光塔的建造年代仍有待探讨，根据记载及塔的结构方法来看，可能是宋代重修（图11－4－1）。

（2）泉州麒麟寺：为北宋大中祥符二年（1009—1010年）建立，现存寺门及礼拜殿建筑经元代（1310年）重修。寺门为长方形，宽4.5米，高20米，用当地绿砂石砌成，琢磨得晶莹光洁。门顶为平台，周围作堞形砖垛，其材料和形式与整体建筑均不尽统一，可能为后加物，台上原有明代建造之木构塔楼亦已毁去。长方形的寺门以及葱头形尖拱构成的门楣、门顶，都类似阿拉伯伊斯兰教寺门建筑形式。礼拜殿在寺门西侧，平面广五间，深四间，四周墙壁用花岗石砌筑，内有12根柱子，现仅存柱础残迹。西墙垛上作一排壁龛，以正中为最大，为礼拜时的中心。南墙上开方形窗洞8个为采光口，但整个礼拜殿的柱子及屋顶早毁，其结构做法和形式已无遗迹可寻。这座建筑具有明显的阿拉伯风格（图11－4－2）。

（3）杭州凤凰寺（真教寺）：始建于宋代，现存礼拜殿为砖砌"无梁殿"，系元代建筑，这也是古代史上穹窿顶结构在殿堂建筑中应用较早的例子。殿面广三间，每间顶部各做一穹窿顶，明间的较大，直径为8.3米，其他两间略小，直径为7.5米和6.7米，可能是施工上的差异。在方形墙体与圆顶之间，以叠涩方法砌出三角形扇面拱，使方形墙角逐渐过渡到圆顶拱脚。在三个穹窿顶之上则冠以八角（中心）和六角（两旁）攒尖顶，在建筑外观上别具特色。可以看出，礼拜殿在内部结构上仍造成阿拉伯式寺院常用的穹窿顶。其细部如门头、壁龛线角亦为阿拉伯式，而屋顶已为汉族传统的形式所代替，成为中国和阿拉伯形式结合的建筑物了（图11－4－3）。

此外还有扬州仙鹤寺，始建于宋德祐年间（1275年），但现存建筑则为清代重建。

二 西北地区回族清真寺院建筑

随着伊斯兰教的传播和发展，我国各民族中，信仰伊斯兰教的渐多。而以西北地区较为集中，除了回族以外，还有撒拉族、保安族、东乡族，他们主要居住地在甘肃、宁夏、青海；还有维吾尔族、哈萨克族、乌兹别克族、柯尔克孜族、塔吉克族、塔塔尔族，主要居住地在新疆。就是说，回族大都信仰伊斯兰教，但信仰伊斯兰教的并不只是回族。由于各民族的建筑历史传统不同，伊斯兰教建筑在技术和形式上也形成两个体系：一是吸取西亚建筑的传统，以维吾尔族为代表；一是接受汉族建筑的传统，以回族为代表。回族清真寺院建筑甚至是由当地或内地汉族工匠所建造。

元代以后，至明清时期，在回族聚居之地，到处分布着大大小小的清真寺如甘肃临夏八大寺（惜今已无存）。由于长期以来接受汉族文化的原因，回族宗教建筑都采用汉族的建筑形式和技术，在总体上亦为对称的布局。礼拜殿为了造成较大的室内空间，采用木结构，在技术上显然比砖石结构也具有更大的适应性。但采用汉族传统的木结构殿堂，仅仅单座殿堂仍不能满足需要，于是更以两三座殿堂拼连一起，形成进深30—40米的平面空间。由于在结构上，它不可能用一个巨大的屋顶加以覆盖，而造成用料过大，结构复杂，因此也分别作成两三个屋顶相接，在两个屋顶相接处作成排水天沟。在两个屋顶的相接部分，即天沟位置，也就是两排梁架相接部位的结构，一般有两种做法：一种是双排柱，即两排梁架边柱紧靠而各自独立；一种是单排柱，即两排梁架共用同一排边柱。双排柱为了防止因构架变形，移动而相互脱离，往往加以铁箍拉牢。边柱上梁架搁檩一般为单檩，也有用双檩，檩上都交叉架椽，椽上铺望板，构成天沟的基层。质量要求高的，在望板上先做"锡背"（铅皮），再做灰泥背及抹青灰面，构成排水天沟，一般的则不做"锡背"。这种屋顶结构也就是汉族传统建筑中的"勾连搭"做法，不过在汉族建筑中只是在园林、住宅等建筑中偶而见到，在回族清真寺礼拜殿建筑上则应用很广，规模也大的多。这完全是由于礼拜殿实用功能的需要而发展的。

除礼拜殿建筑外，"邦克楼"亦为清真寺的一个特点。按照伊斯兰教规定，当"聚礼"、"会礼"之时，掌教人要在楼上呼唤教徒到礼拜寺来做礼拜，因此这种楼亦为礼拜寺之突出建筑。一般规模较小的清真寺，门楼即为"邦克楼"，高一层或两层；规模较大的也有在寺门两侧或院内独立建造的，其建筑形式和技术无异于汉族传统的亭阁。明清时期回族伊斯兰教寺院建筑很多，除了总体布局有所不同以外，随着明清时期官式建筑做法趋于定型，它们的基本形式和技术做法也大同小异。

（1）西安大清真寺：在化觉巷，为明代建筑。明嘉靖五年（1526年）始建时由两进院落组成，至明万历三十四年（1606年）重修时扩大为四进院落。寺周围东西长245米，南北宽47米。按原来两进院落的布局。入门第一进院内中央即为"邦克楼"，为两层三重檐八角拈尖顶楼阁式建筑。南面为水房，是礼拜前要求进行"大净"（沐浴、



图11-4-1 （1）广州怀圣寺光塔平面、剖面示意图

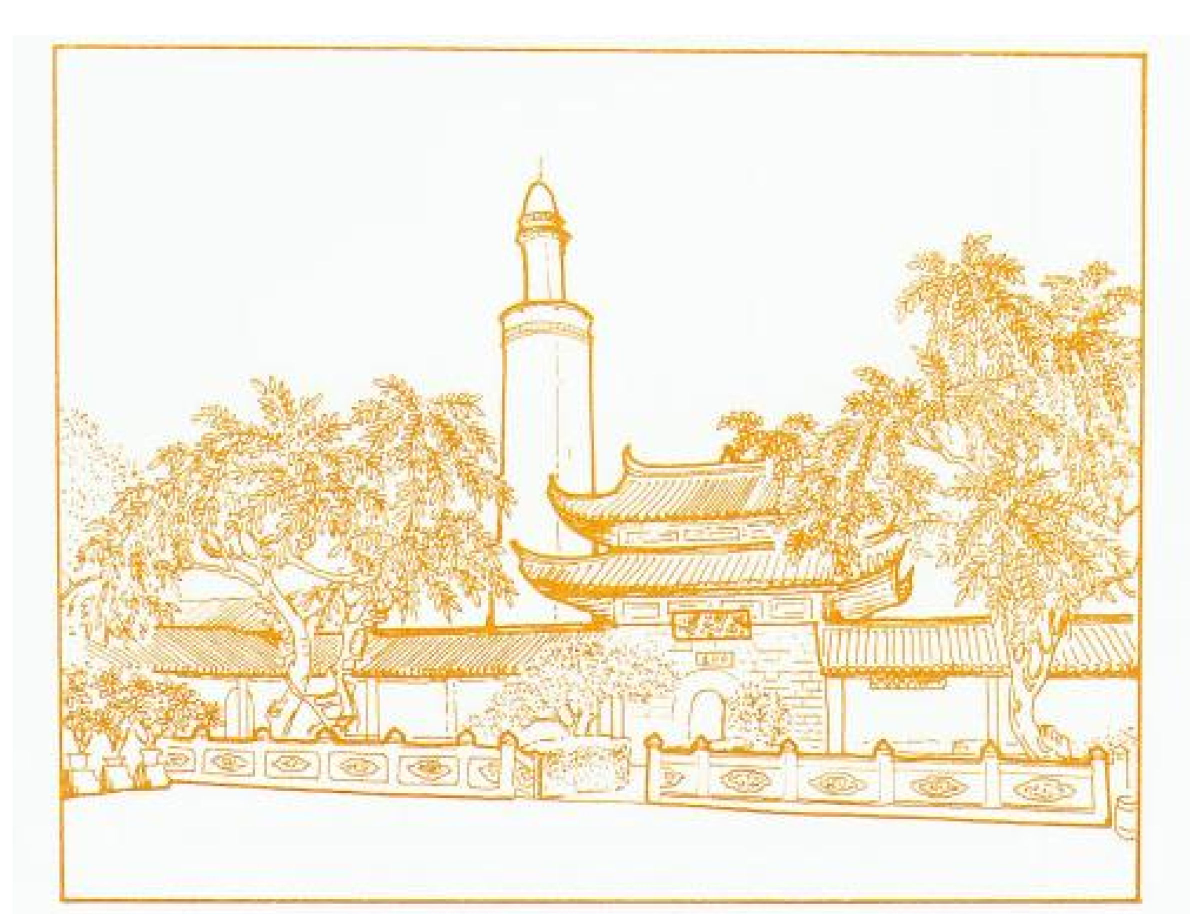


图11-4-1 （2）广州怀圣寺光塔外观

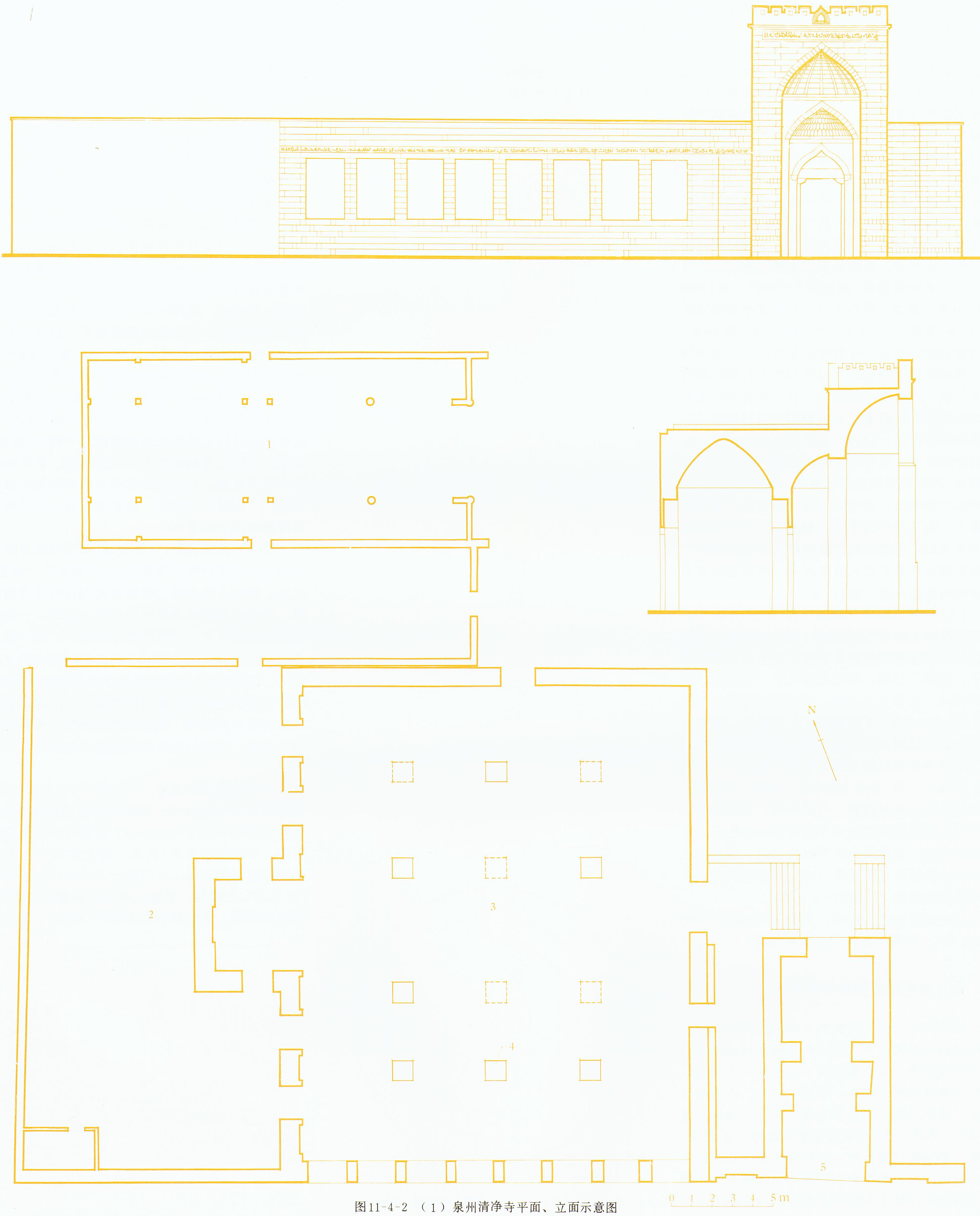


图11-4-2 （1）泉州清净寺平面、立面示意图
1.明善堂；2.内院；3.奉天堂；4.柱础；5.入口大门

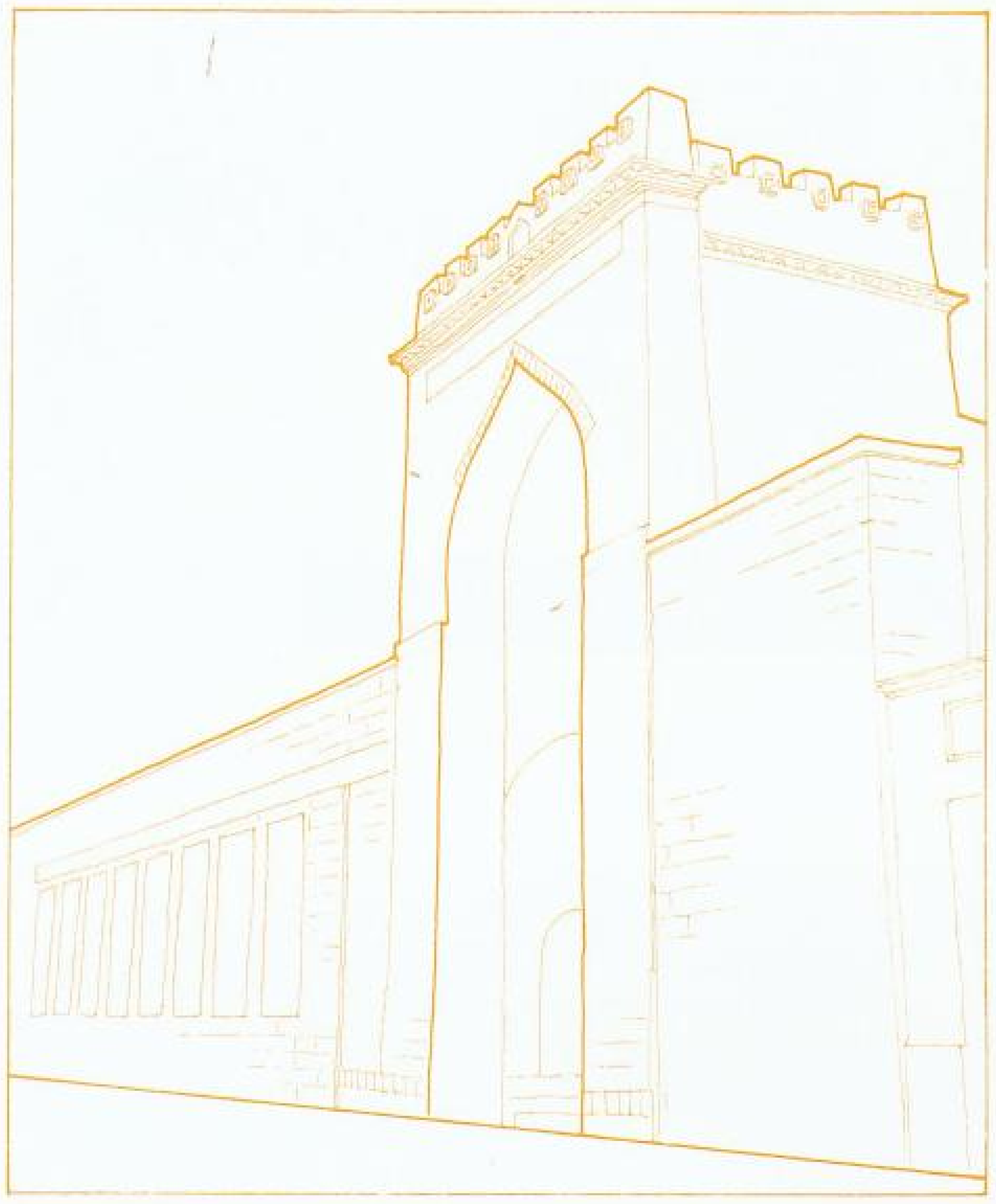


图11-4-2 （2）泉州清净寺外景

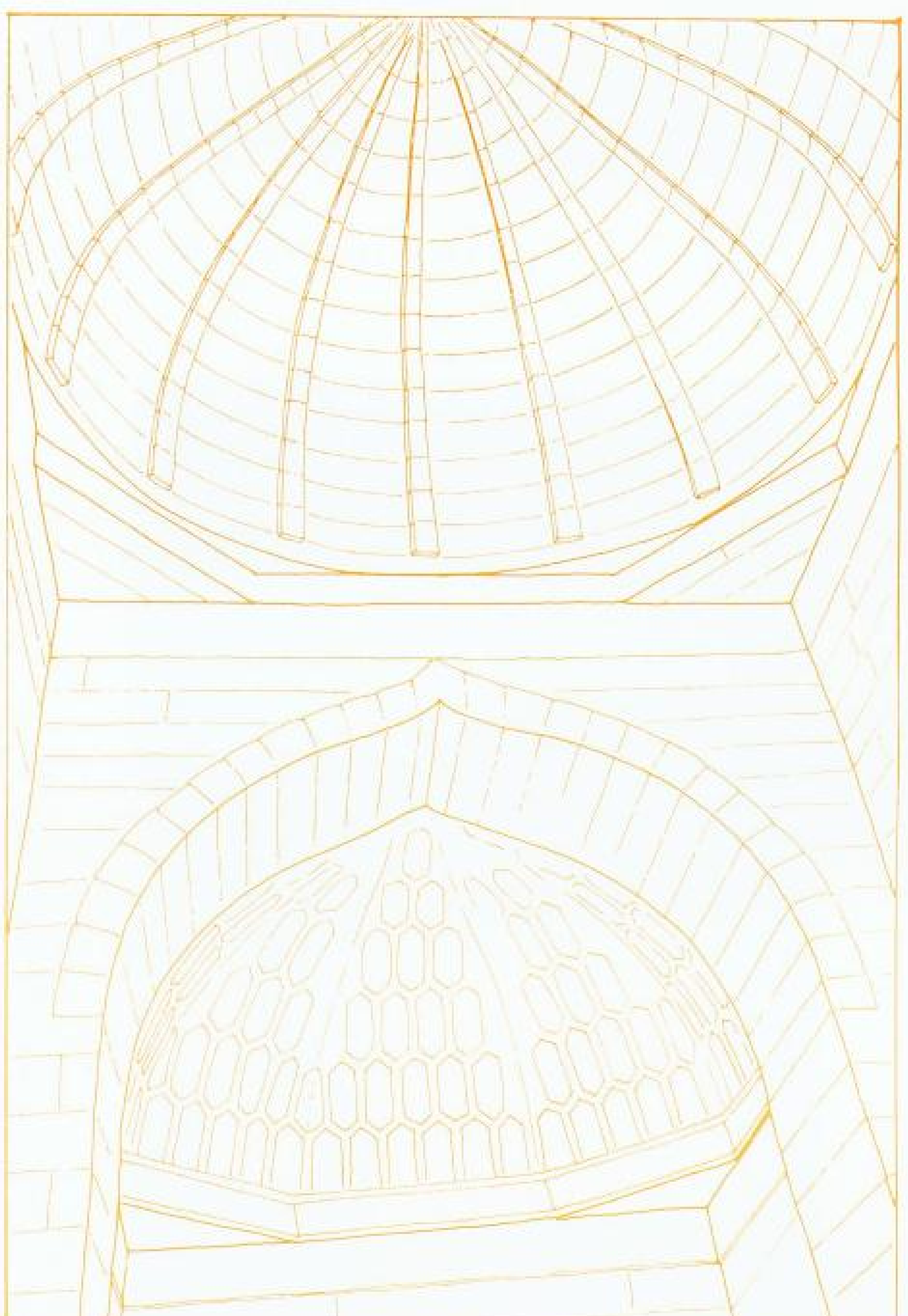


图11-4-2 （3）泉州清净寺大门上部拱顶

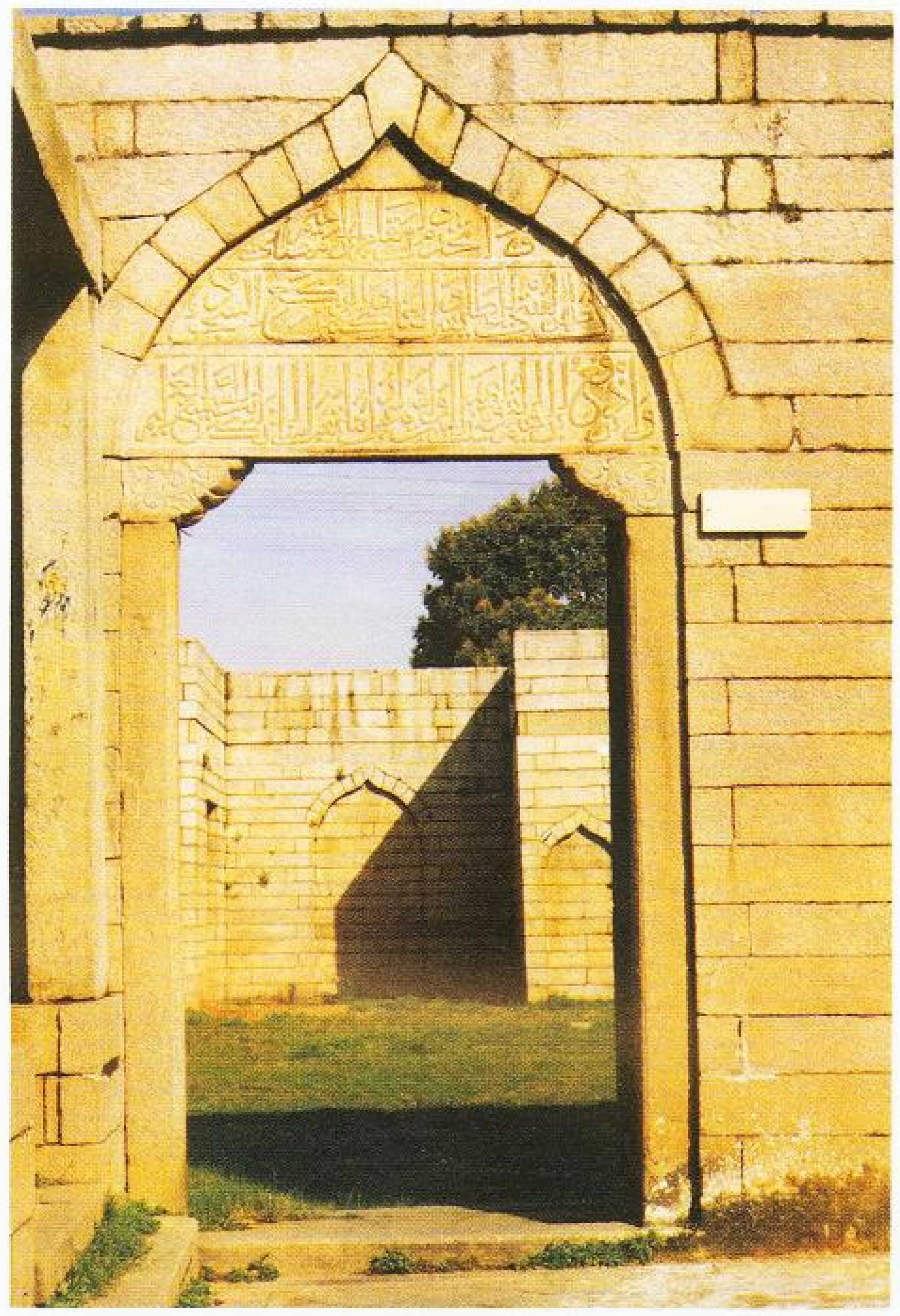


图11-4-2 （5）泉州清净寺“奉天坛”拱门

洗手）的地方。第二进院内主要建筑为礼拜殿，由三个歇山顶拼连，平面成凸字形，构成面积为1002平方米的大空间，可同时容纳一千九百人礼拜。寺内砖雕精巧，如照壁、院墙、院门及山墙均作砖雕，皆为植物（莲、荷、松、竹）纹样、几何形纹样及阿拉伯文字纹样。整个建筑仍采用汉族传统木构技术。明万历年间向东延长80米，加建两进院落。第一进主要是由照壁、牌坊组成，第二进也主要是牌坊、门庑等并作寺院主要建筑，增加寺院的规模和气派，使“邦克楼”和礼拜殿退居全寺的后部，更反映了汉族建筑传统布局形式的影响（图11－4－4）。

（2）其它具有特点的回族伊斯兰教寺院：如宁夏同心县北大寺，始建于清乾隆三十六年(1771年)，后经清光绪二十三年（1897年）重修，整个寺居于高台上，台阶5.9米，是利用天然高地加以填土夯实及砖砌而成。

门楼亦即“邦克楼”，为亭、阁式建筑，原为三重檐，现存为二重檐。楼立于高台座上，砖砌台座开三个拱门，作为全寺的入口大门。正对拱门与一座长14.3米的大照壁起“引导”标志作用，进拱门循阶级而上便达到全寺建筑所在的高台上。礼拜寺由两进院落组成，第一进亦为水房等，

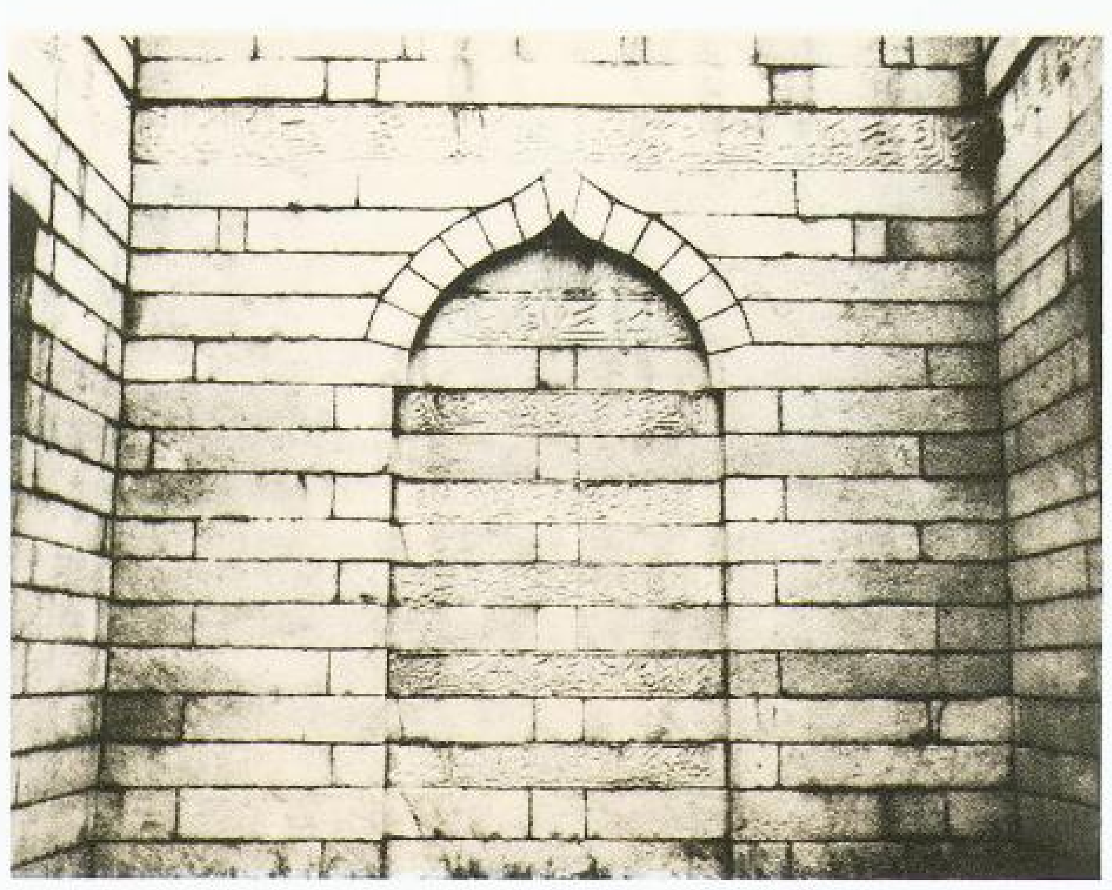


图11-4-2 （4）泉州清净寺“奉天坛”内的石壁龛

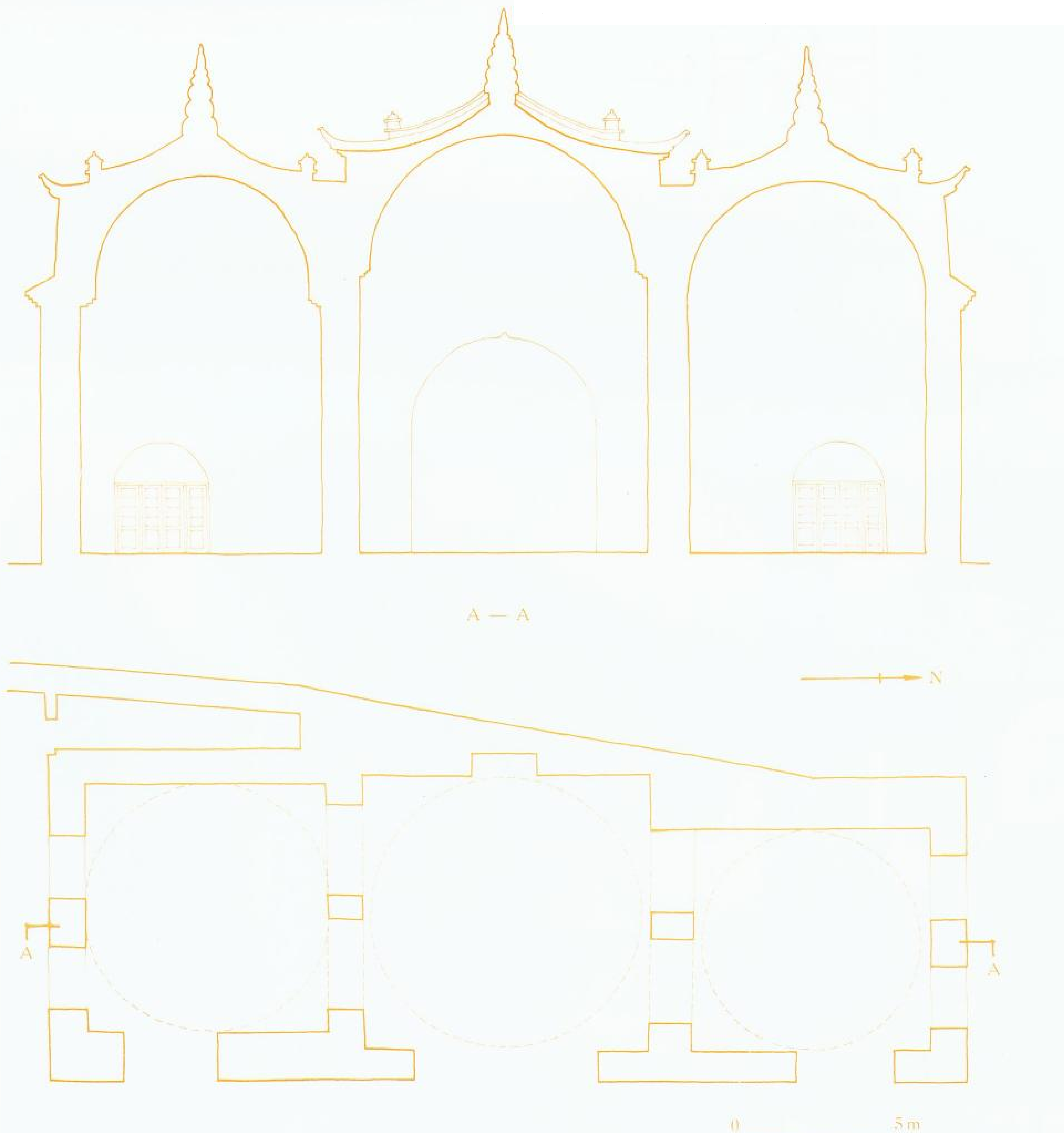
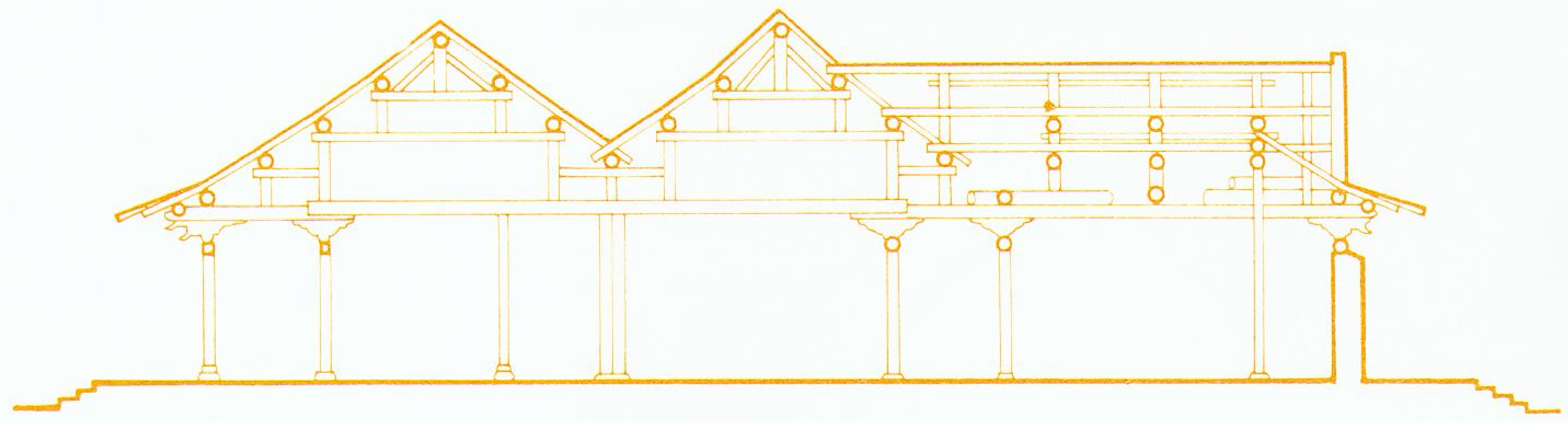


图11-4-3 杭州凤凰寺礼拜殿平面、剖面示意图



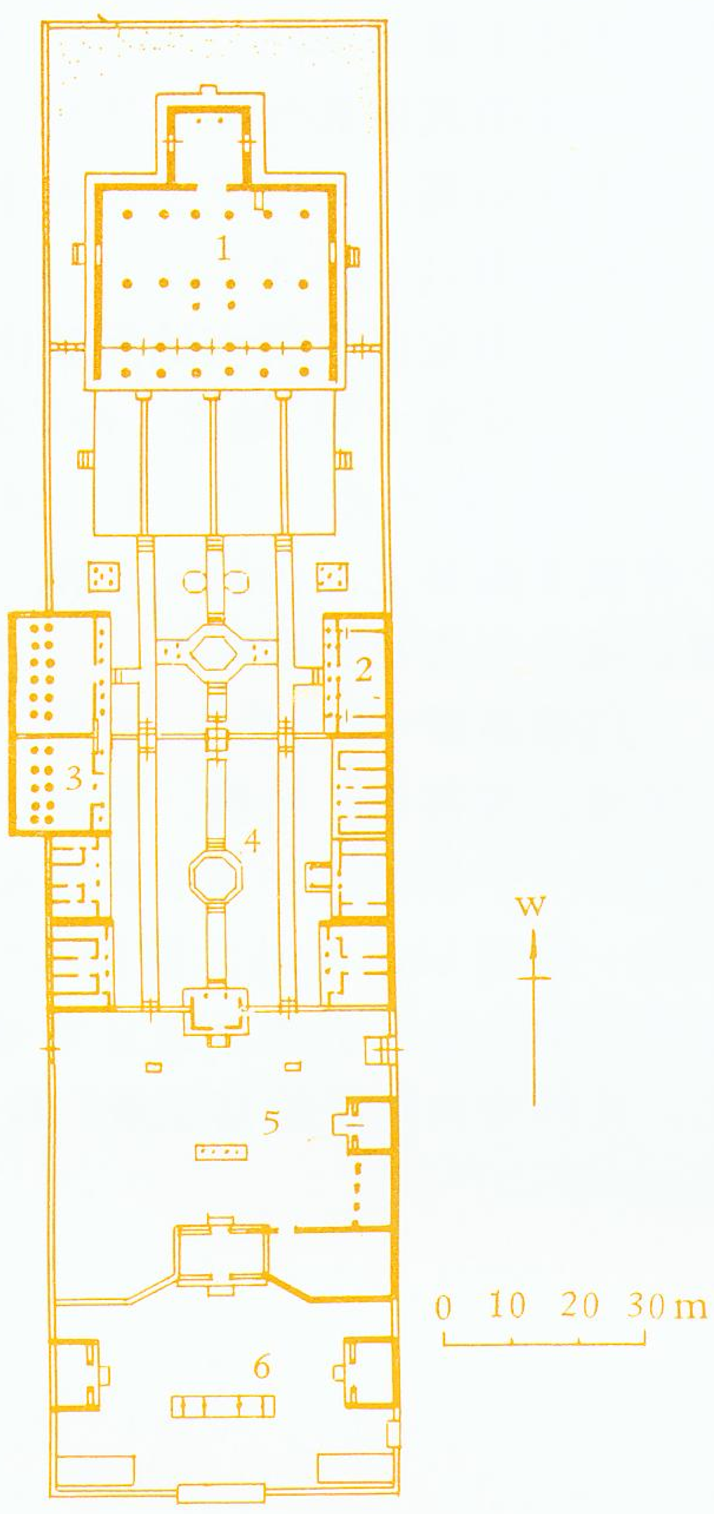


图11-4-4 （1）西安清真寺平面图
1.礼拜殿；2.客房；3.浴室；4.邦克楼；
5.石牌坊；6.木牌坊

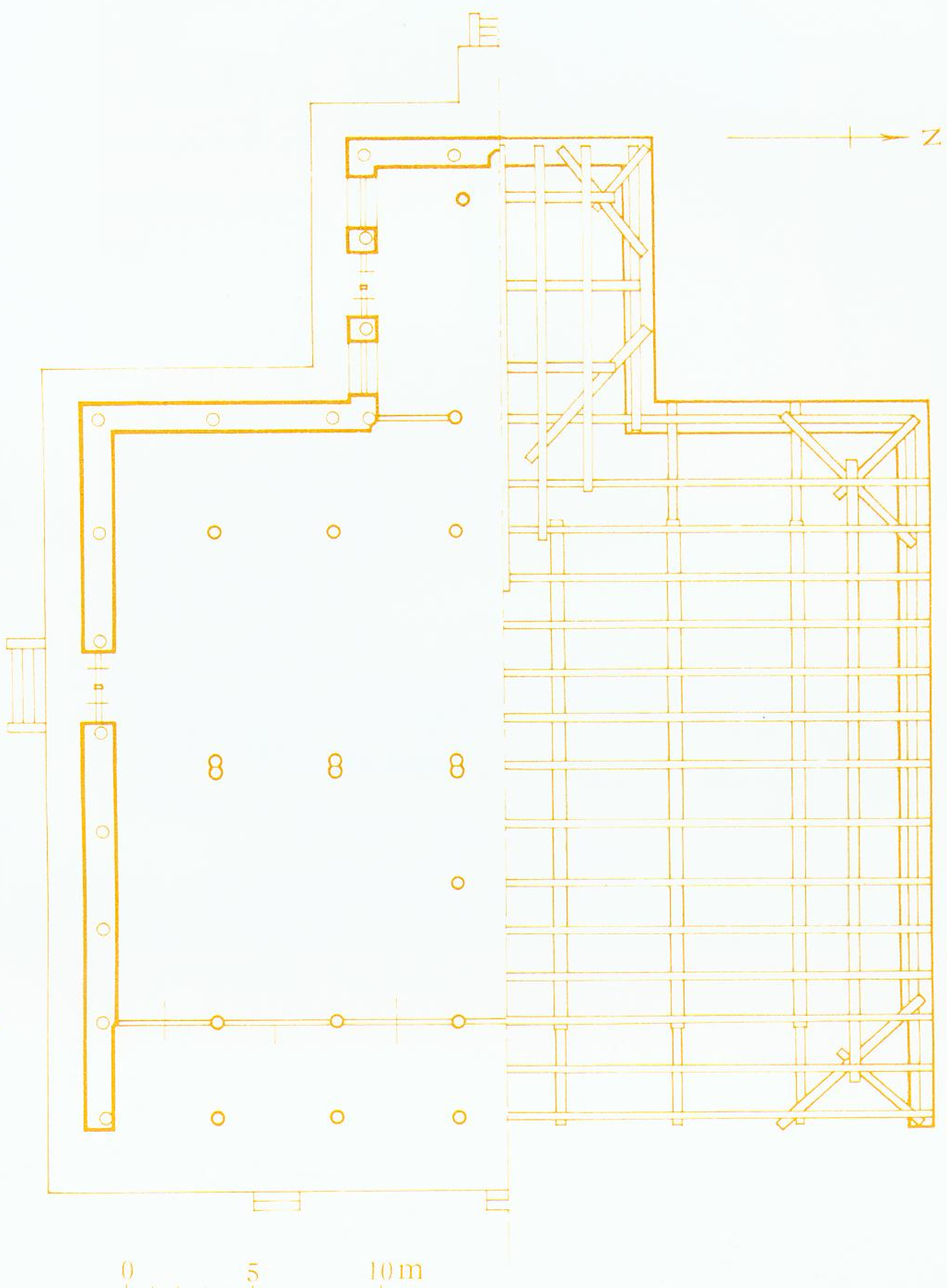


图11-4-4 （2）西安清真寺礼拜殿、剖面、梁架、平面示意图

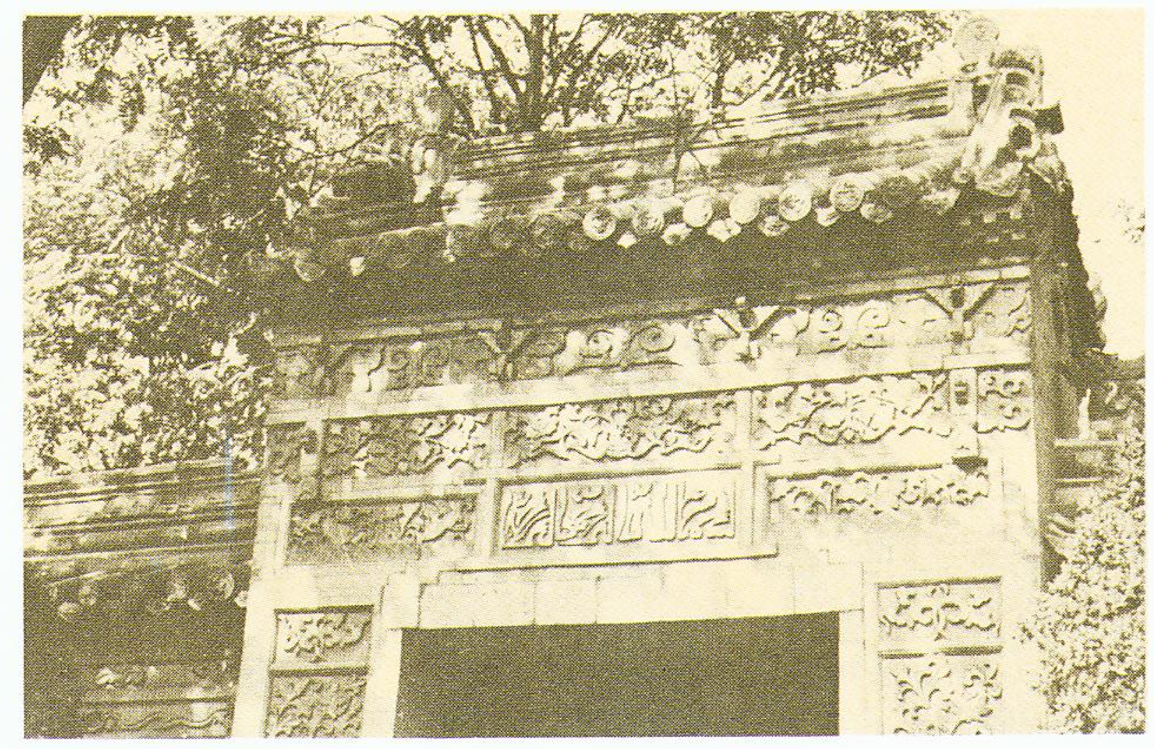


图11-4-4 （4）西安清真寺门头砖雕

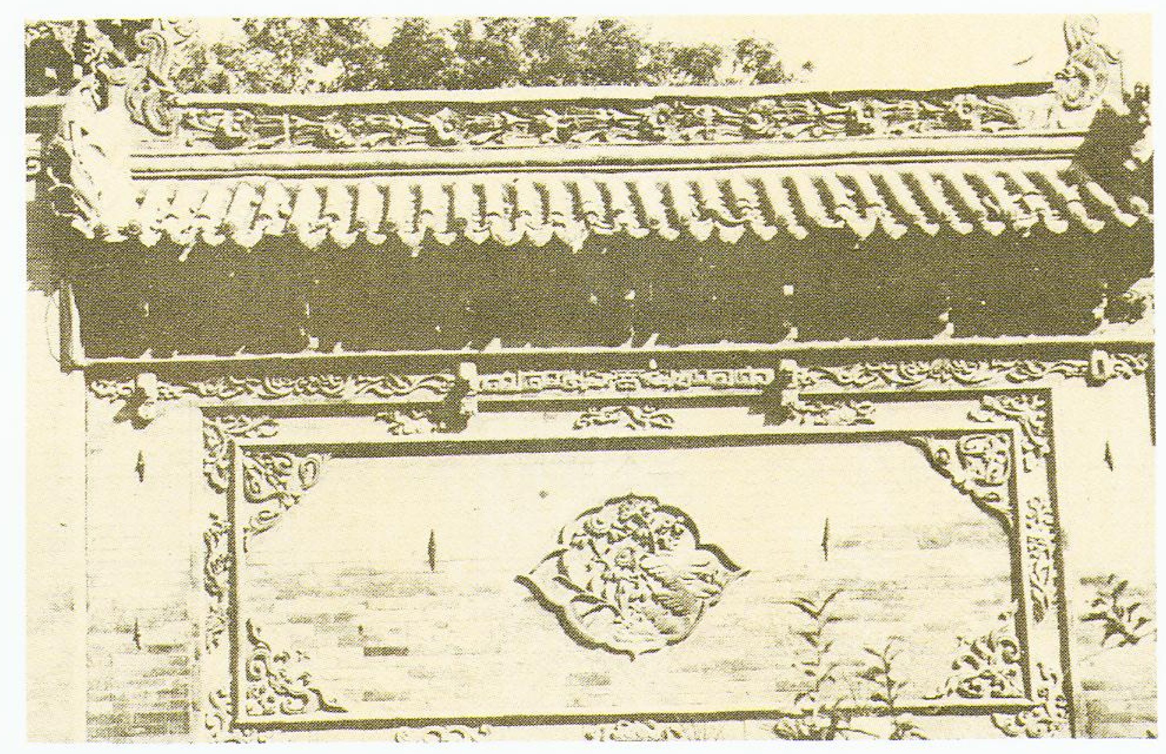


图11-4-4 （5）西安清真寺照壁砖雕



图11-4-4 （6）西安清真寺墙头砖雕

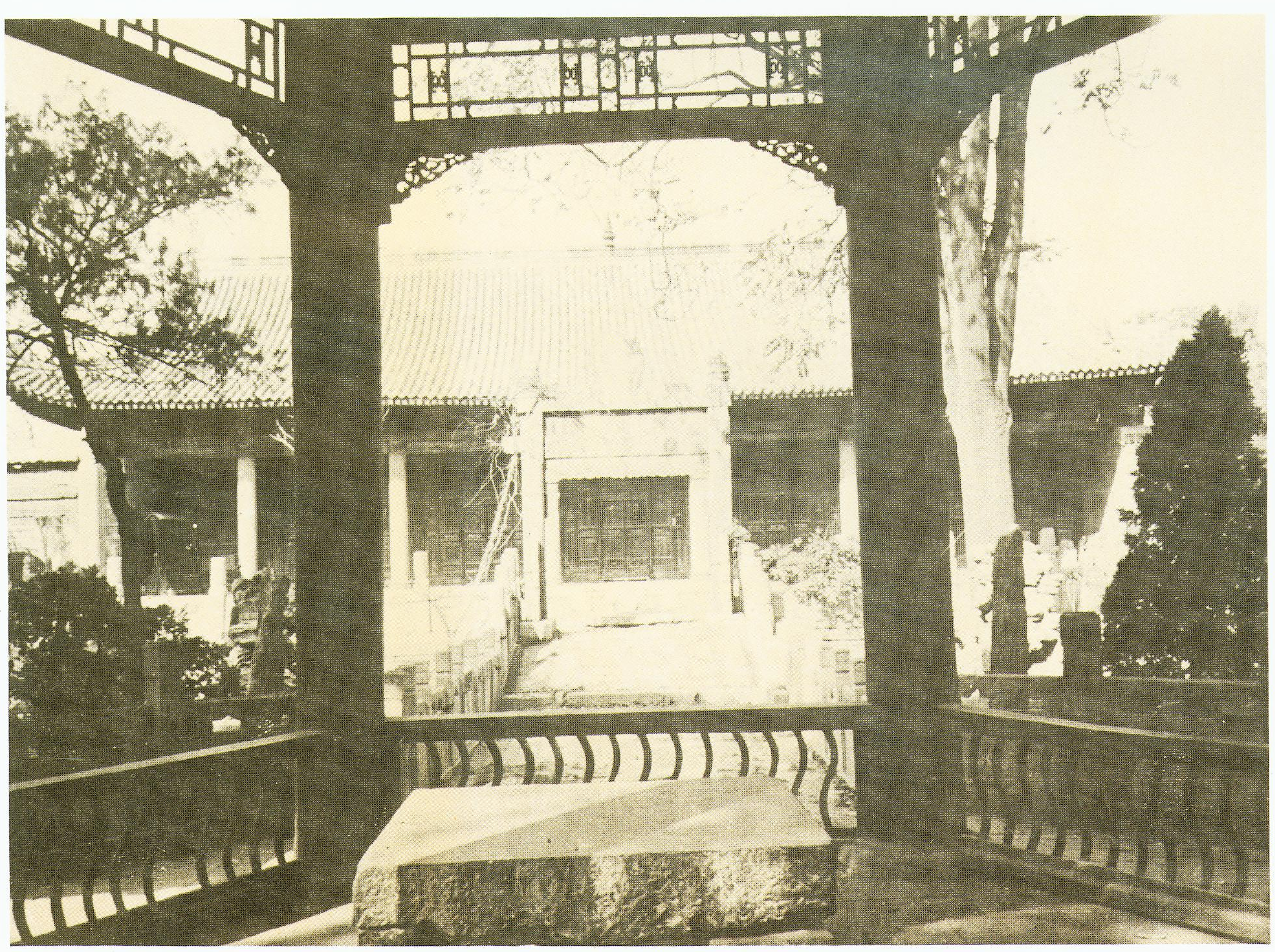


图11-4-4 （3）西安清真寺大殿



图11-4-4 （7）西安清真寺照壁壁心砖刻

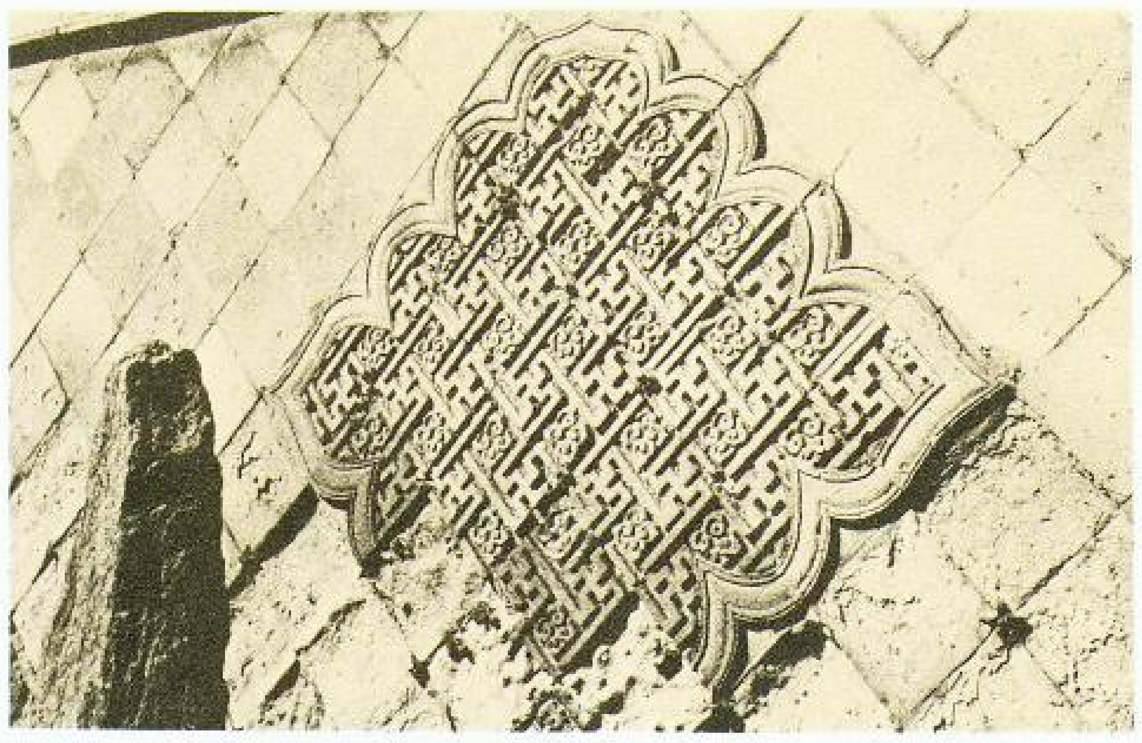


图11-4-4 （8）西安清真寺照壁壁心砖刻

供礼拜前要求洗净之用，第二进为礼拜殿。寺高踞于全城建筑之上，远远可以望见。

礼拜殿由前、中、后三座殿组成，由一个卷棚顶（前殿）和两个歇山顶（中、后殿）拼连，面广三间，前后殿宽14.6米，中殿19.4米，总进深为31.35米，平面长方形，构成一个总面积为528.56平方米的空间，虽属中小规模，也可同时容纳六、七百人礼拜。

西北地区回族礼拜寺建筑，多讲究砖雕，普遍用于照壁、入口、山墙、肩墙等，一般用特制的细砖，再加雕刻花纹或线脚。平砖则为磨砖对缝。此寺砖雕及木雕均丰富精致，且木构不施彩画，仅涂以清漆，显露出木料质地，俗称“白木构”，因木质好而显得朴素美观，别具特色（图11-4-5）。

（3）青海西宁东关大寺：为清乾隆年间创建，同治年间大修后又经几次重修。全寺亦居于高台上。此寺入口处有两座独立式“邦克楼”左右对称，并且高达三层，这是少见的做法。

礼拜殿所处地势又比院子高出2米多。殿亦由三部分组成，前部为卷棚顶，中部为歇山顶，后部为庑殿顶丁字相交。前、中部面广五间，宽27米，进深为25.9米，后部面广三间，宽8.5米，深8.4米，构成凸字形平面，总进深为34.3米，形成面积达770多平方米的空间。可同时容纳近千人礼拜。礼拜殿结构亦为汉族传统的“勾连搭”做法（图11-4-6）。

（4）其他：在全国各地许多地方都有回族清真寺建筑，它的形式及工程做法，都与当地汉族建筑传统相同，有“入乡随俗”的现象。例如：吉林清真寺与吉林建筑相同，多伦清真寺与多伦地区及辽宁建筑相同，济宁大寺与山东建筑相同，成都清真寺与四川建筑相同。但也有例外的情况，如青海民和县虽然回汉杂居，但是民和大寺的建筑风格却是西亚形式。这些都是匠师们吸取外来式样而创造的结果。

即如内蒙古地区，也有回族伊斯兰教建筑，例如呼和浩特清真寺，建于清康熙年间（十七世纪），后几经重修。该寺礼拜殿由卷棚（前、后殿）及歇山顶（中殿）“勾连搭”构成。其最突出之处是，在每殿顶部中央均座一八角攒尖亭式天窗，由顶部采光，加以侧窗采光，使殿内礼拜时光线十分明亮；同时寺前耸立一塔式“邦克楼”，

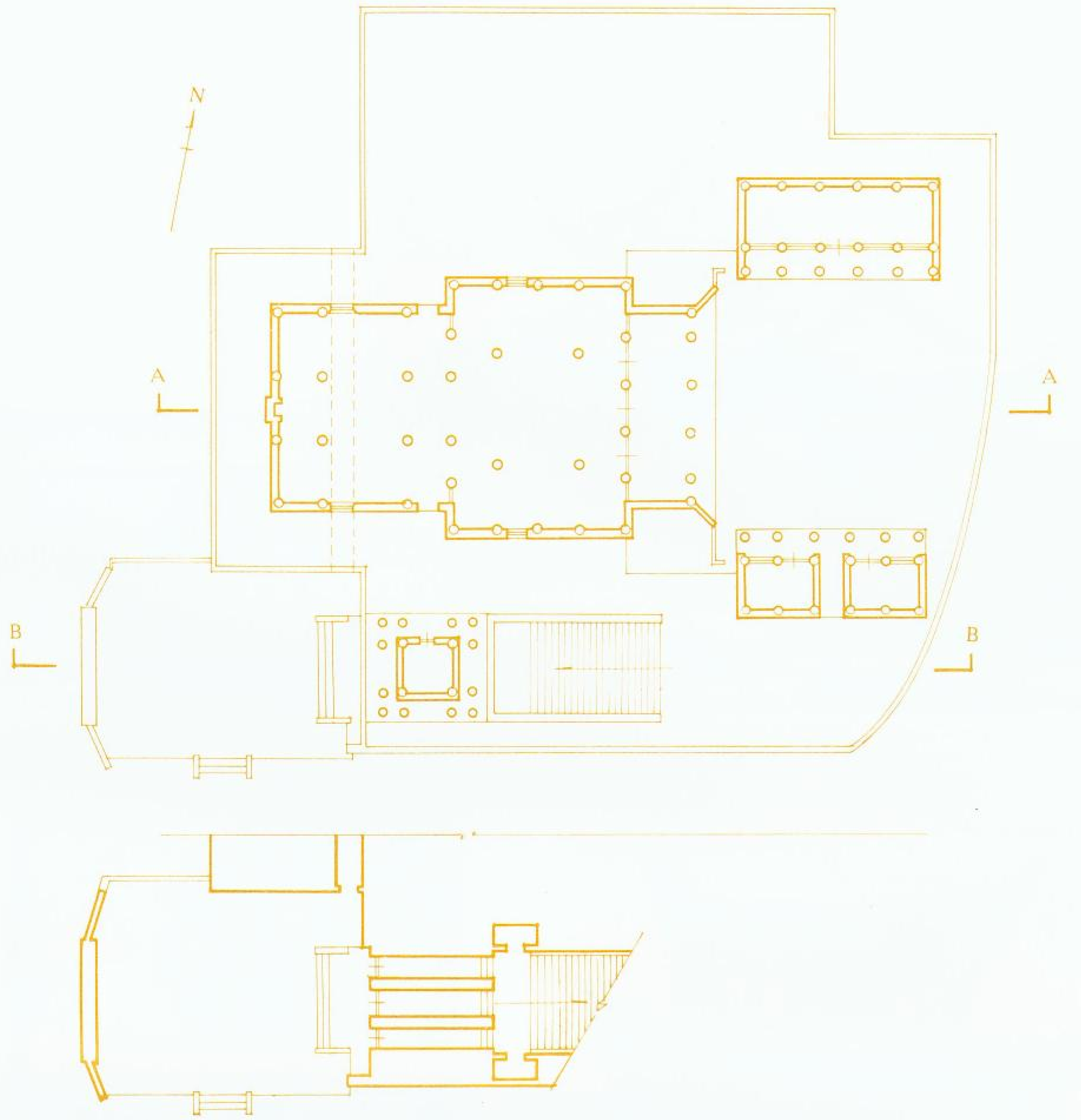


图11-4-5 （1）宁夏同心县清真寺总平面图

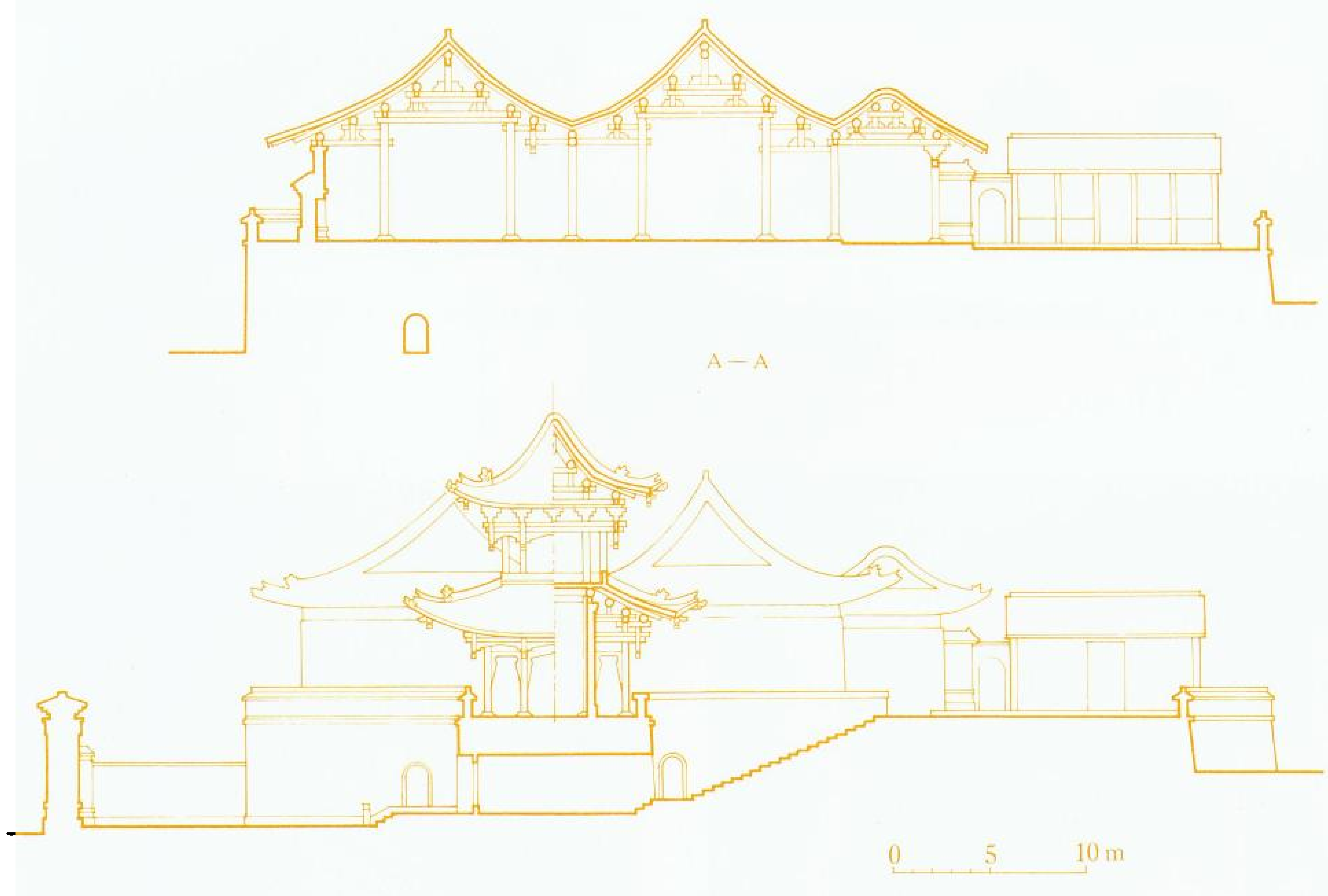


图11-4-5 （2）宁夏同心县清真寺剖面示意图

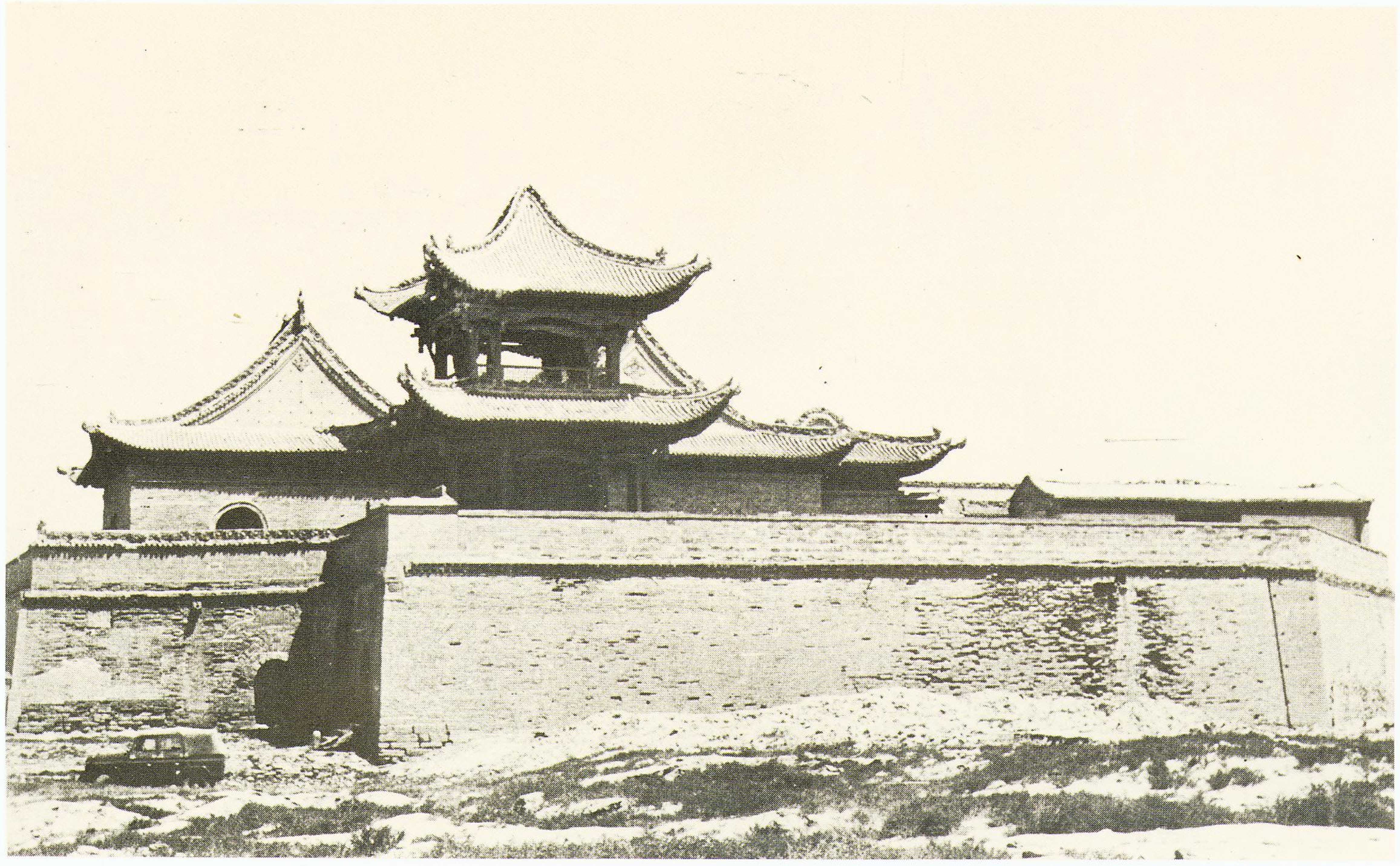


图11-4-5 （3）宁夏同心县清真寺全景

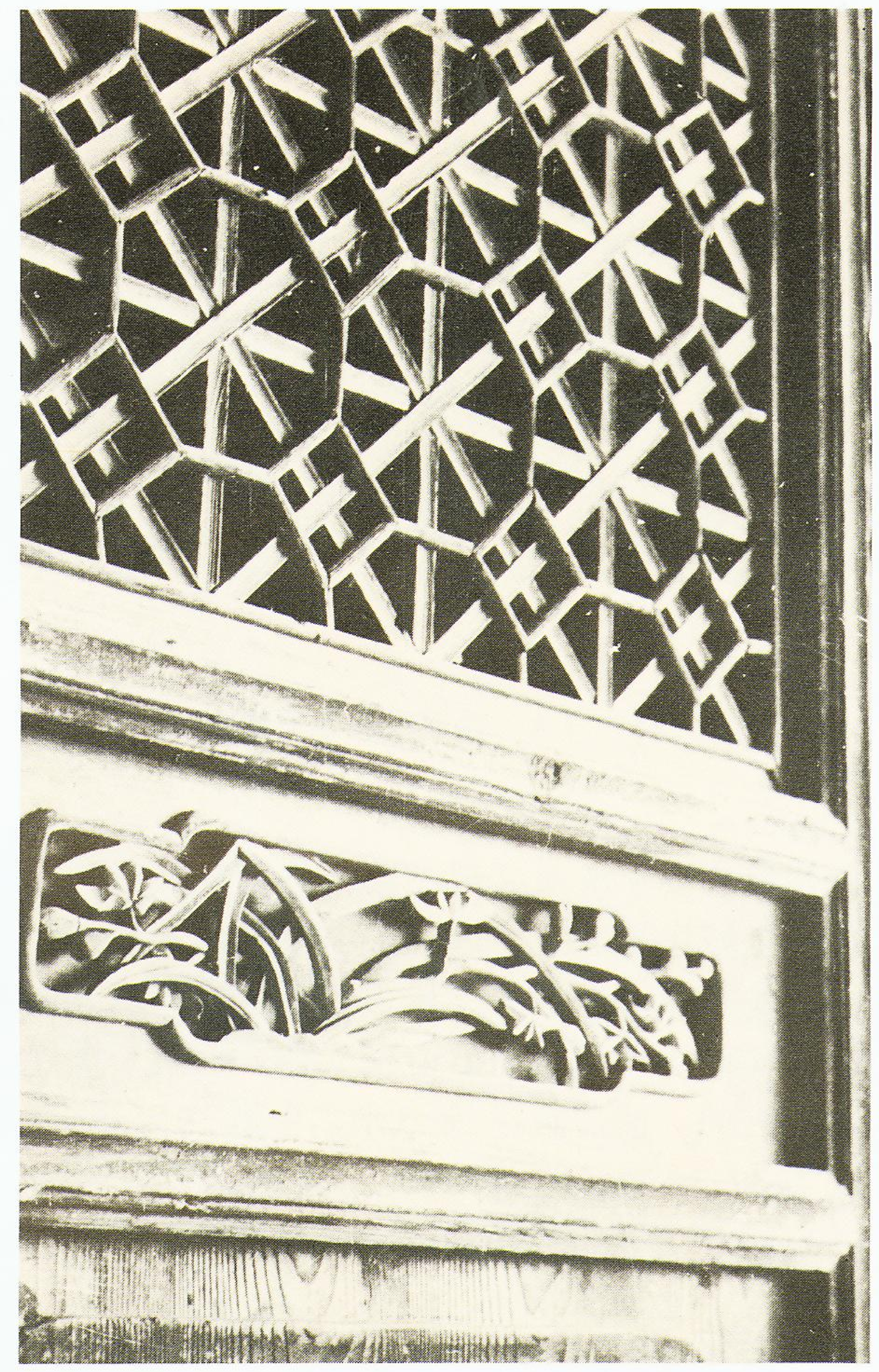


图11-4-5 （8）宁夏同心县清真寺木隔扇门

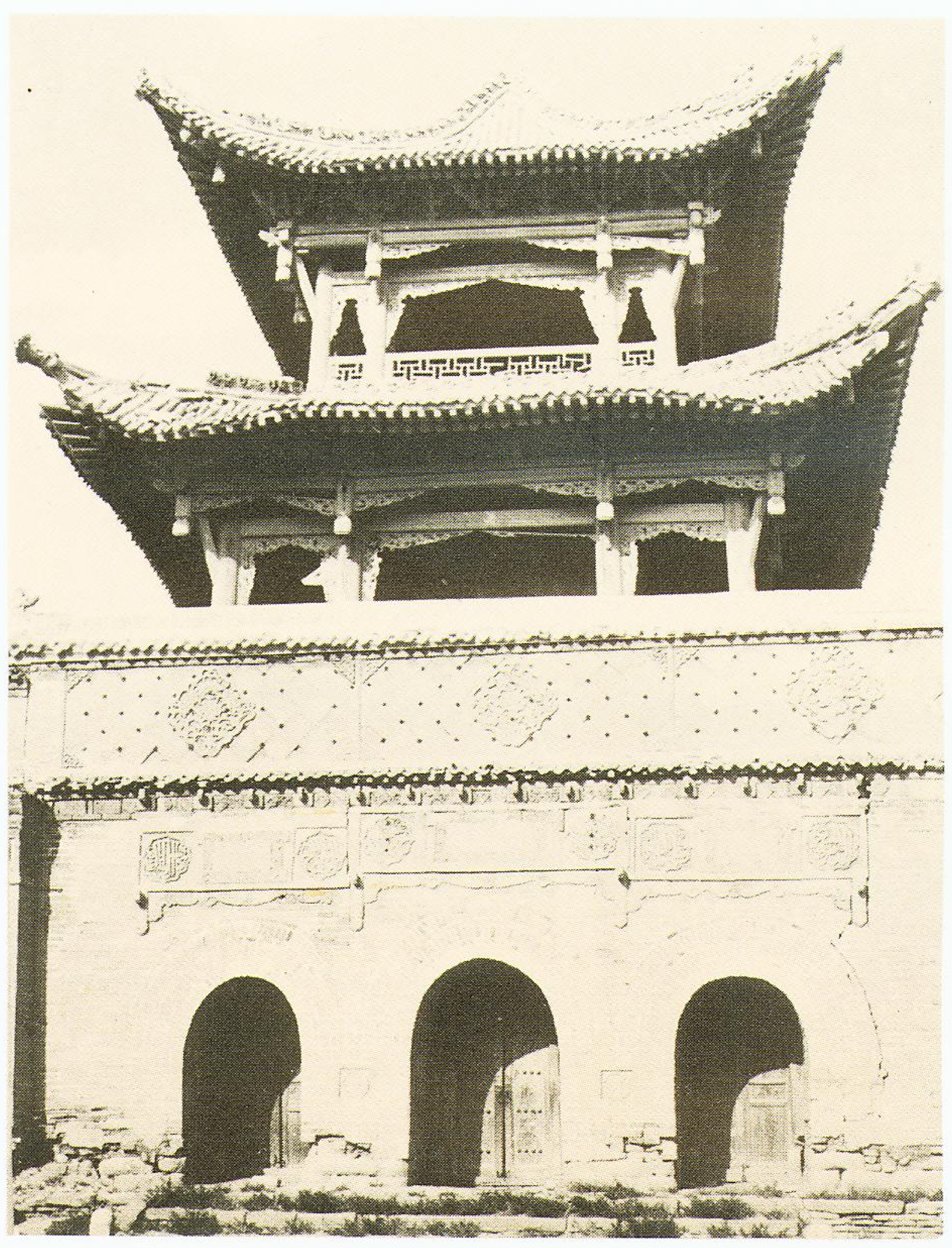


图11-4-5 （4）宁夏同心县清真寺入口及邦克楼

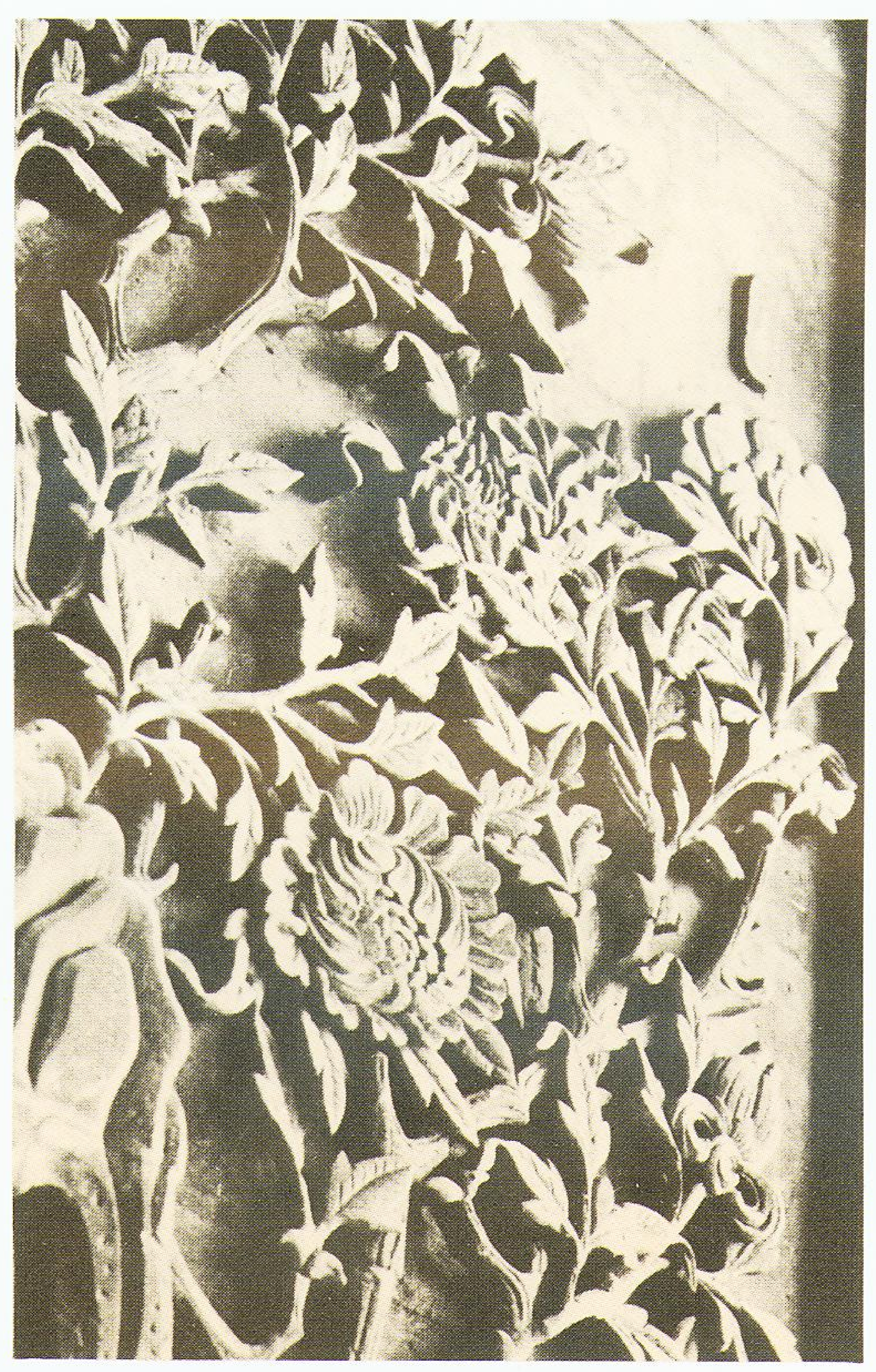


图11-4-5 （6）宁夏同心县清真寺砖雕

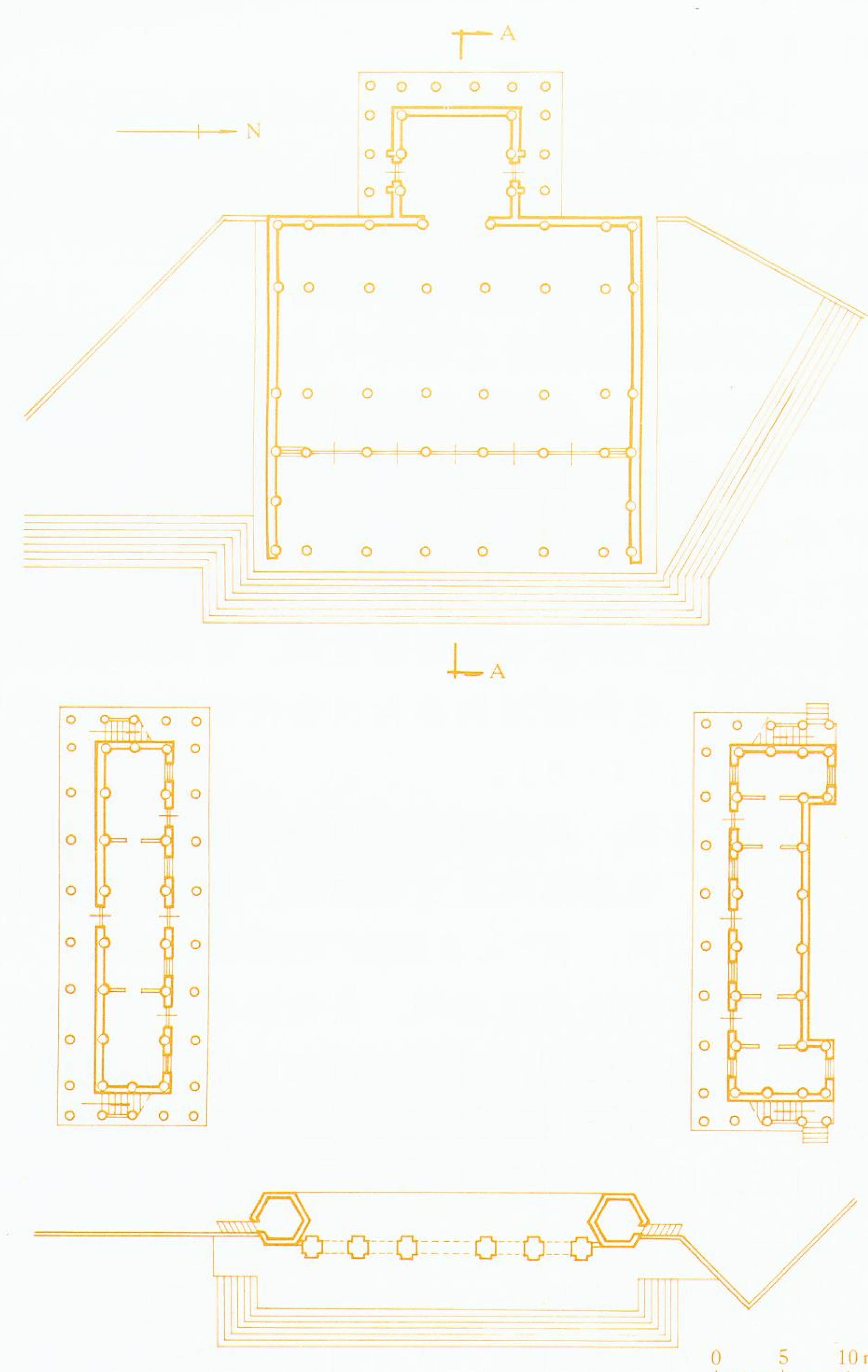


图11-4-6 （1）西宁清真寺总平面图

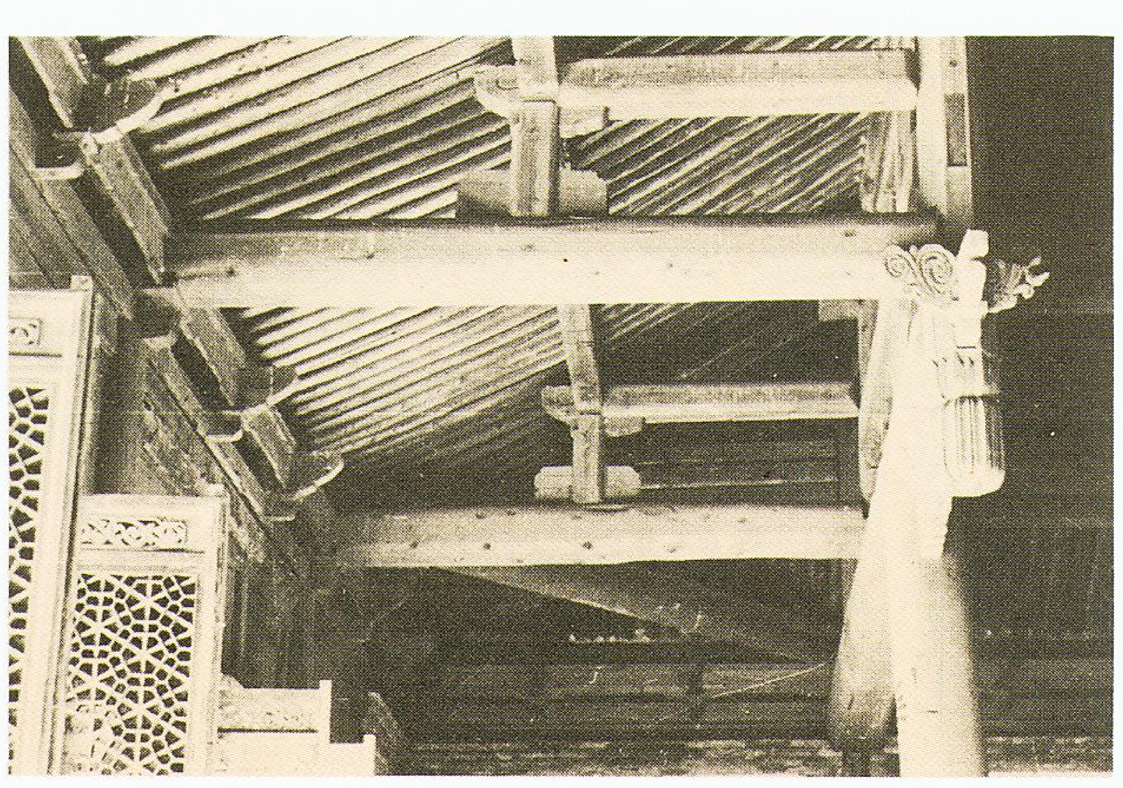


图11-4-5 （5）宁夏同心县清真寺梁架

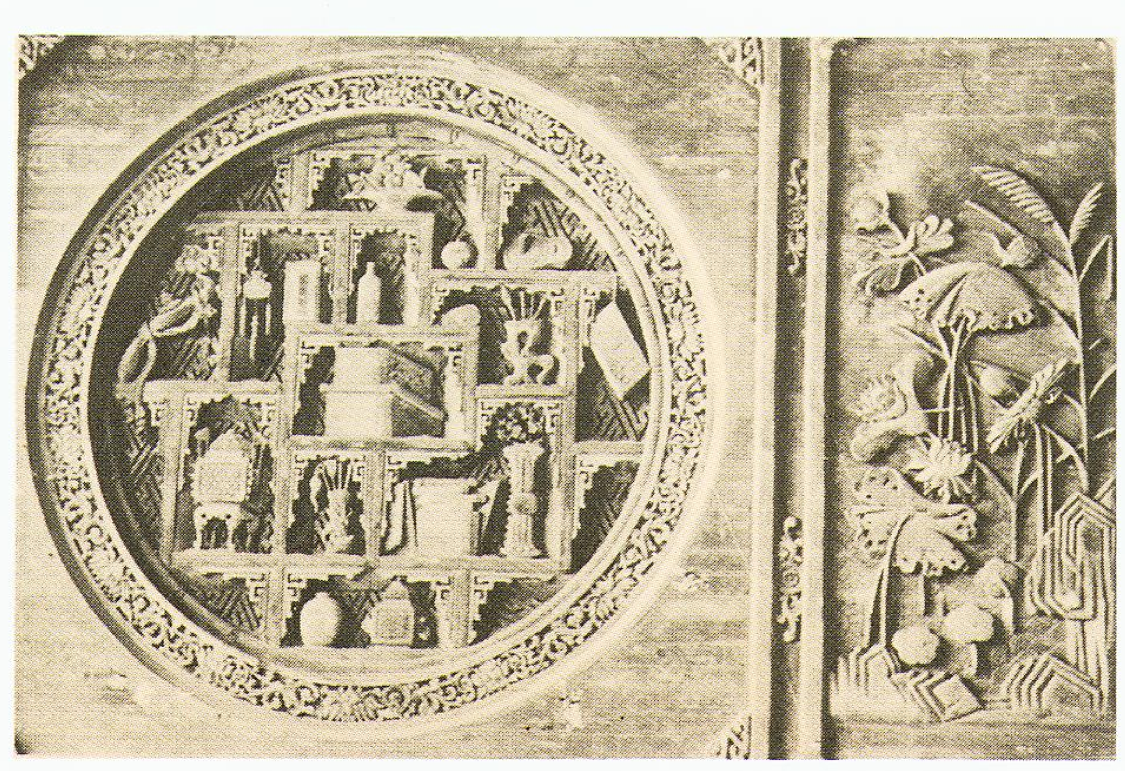


图11-4-5 （7）宁夏同心县清真寺砖雕

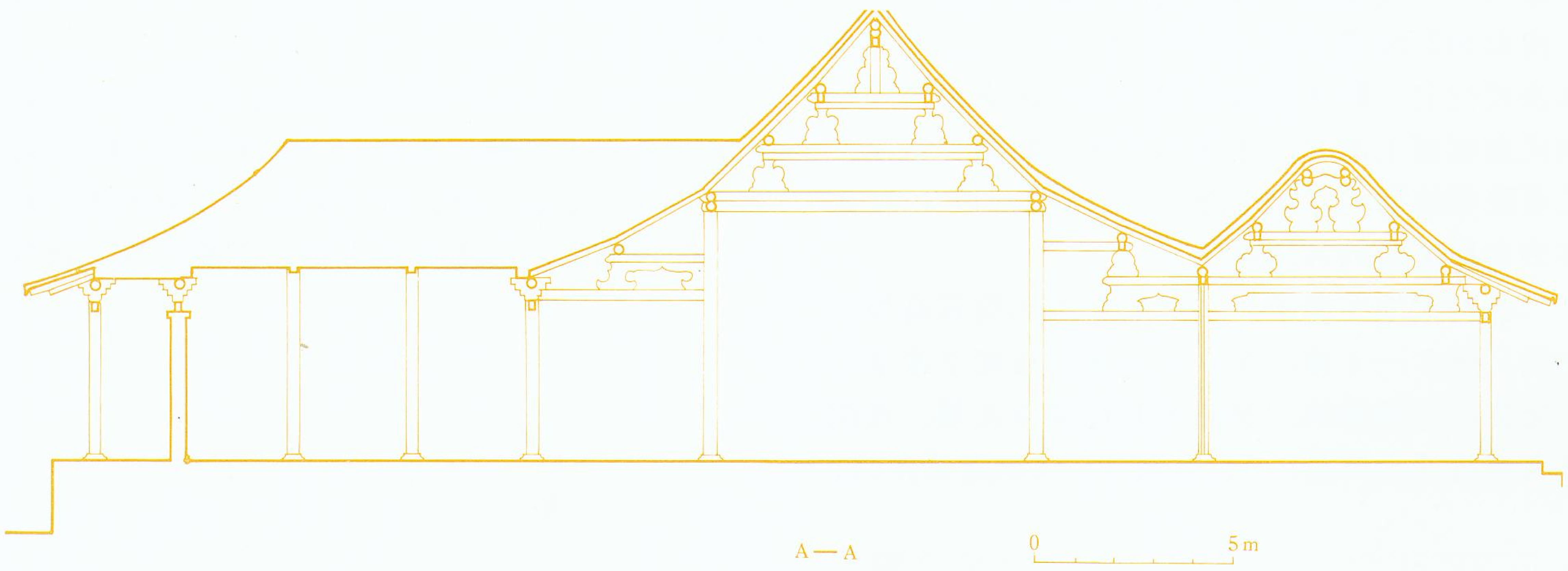


图11-4-6 （2）西宁清真寺礼拜殿纵剖面示意图

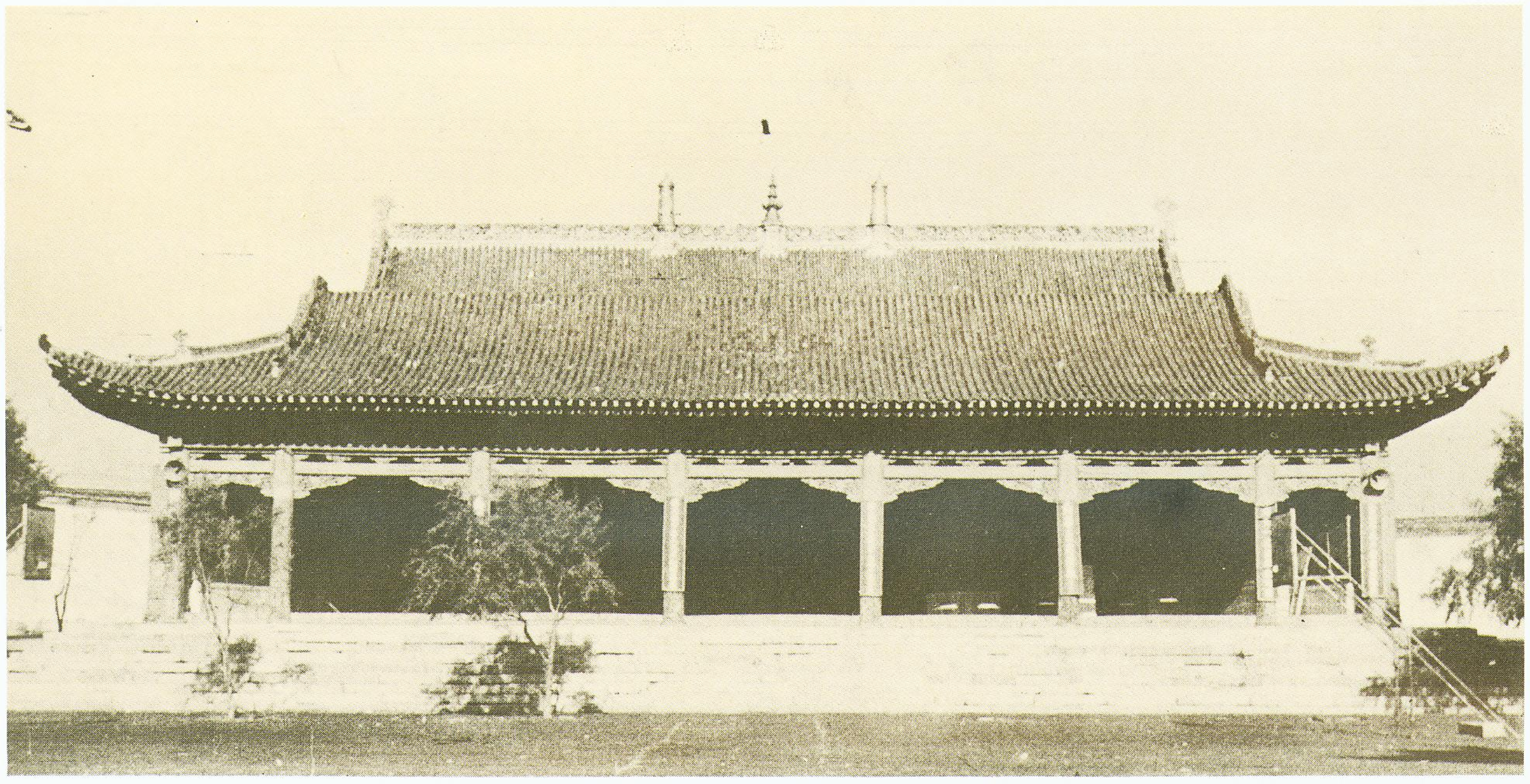


图11-4-6 （3）西宁清真寺礼拜殿外观

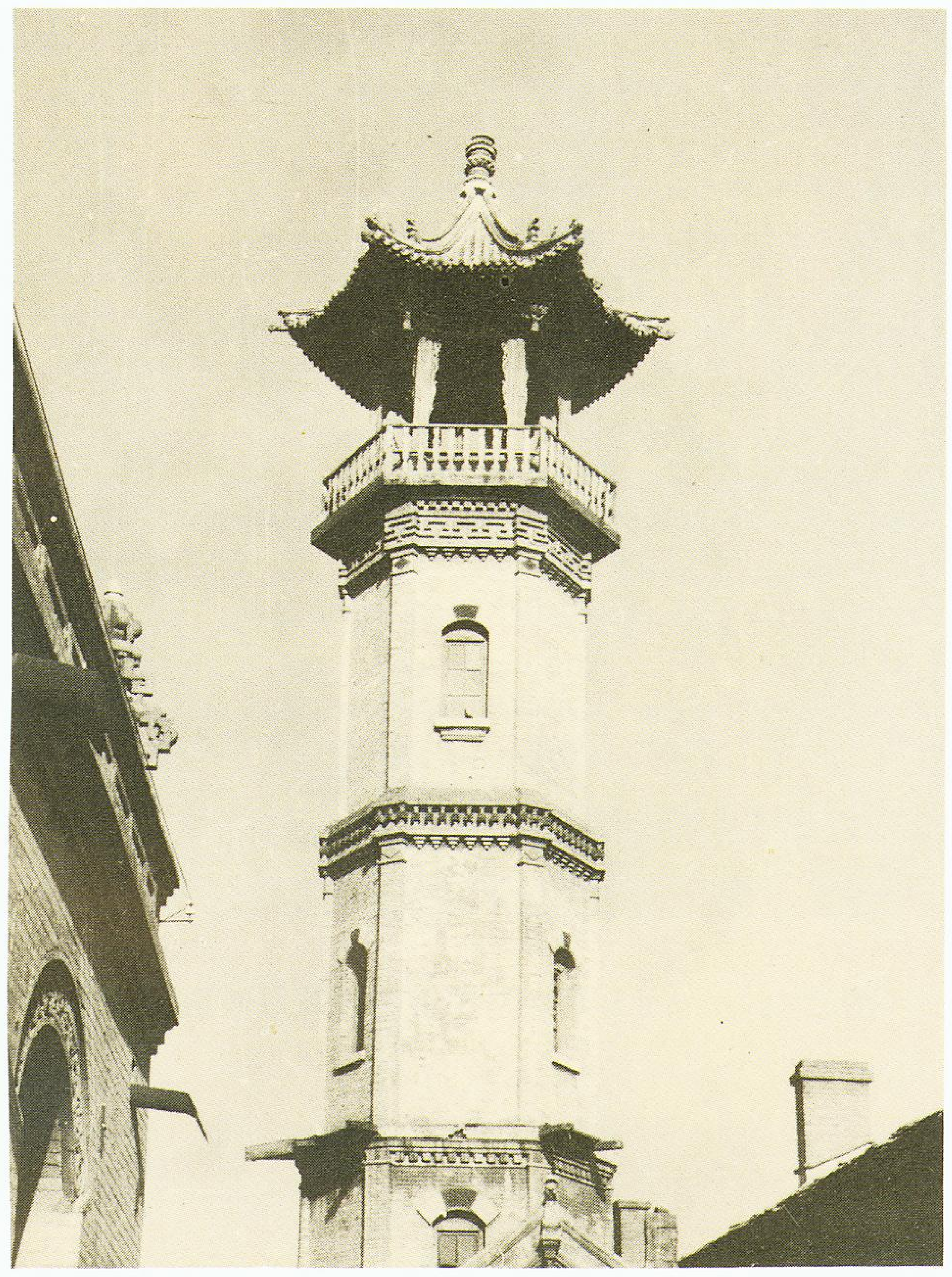


图11-4-7 （3）呼和浩特清真寺邦克楼

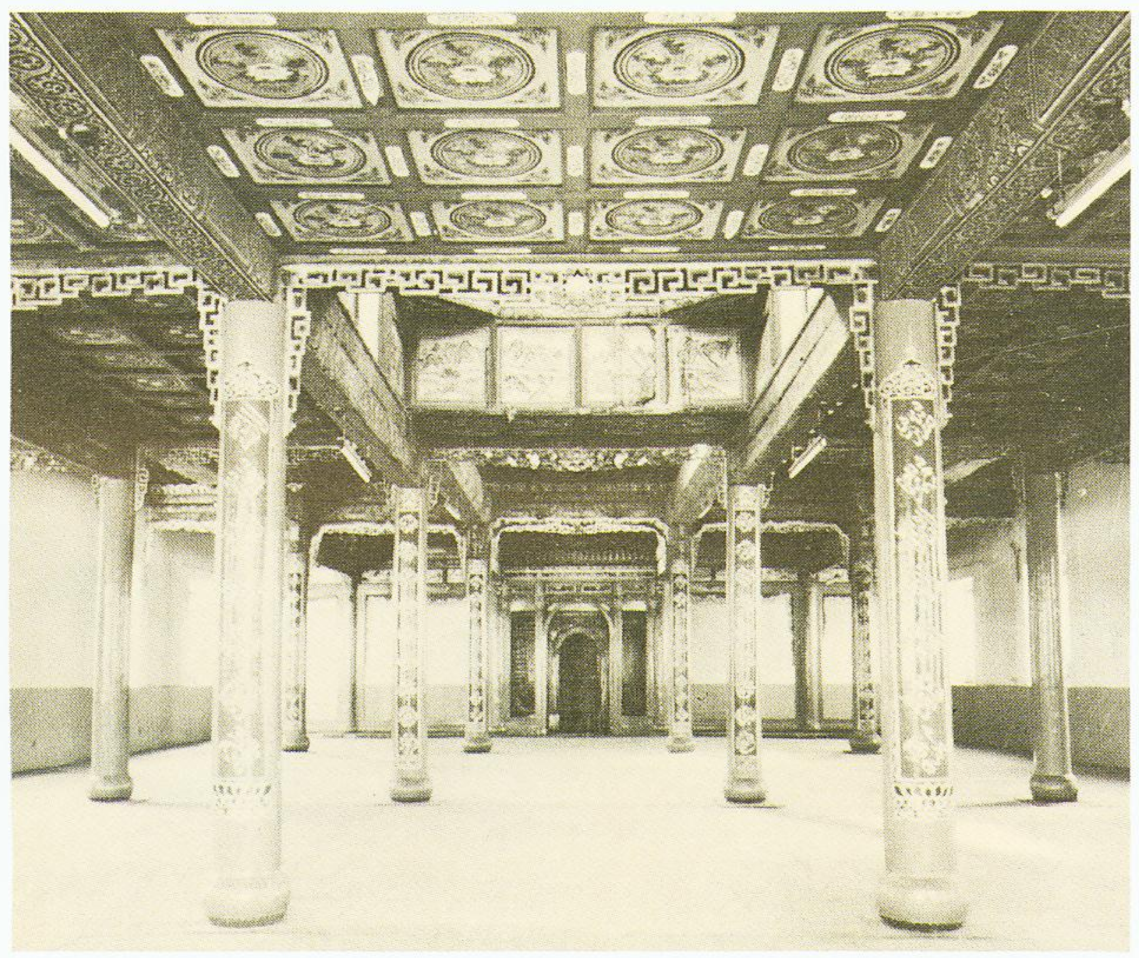


图11-4-7 （4）呼和浩特清真寺礼拜殿内景

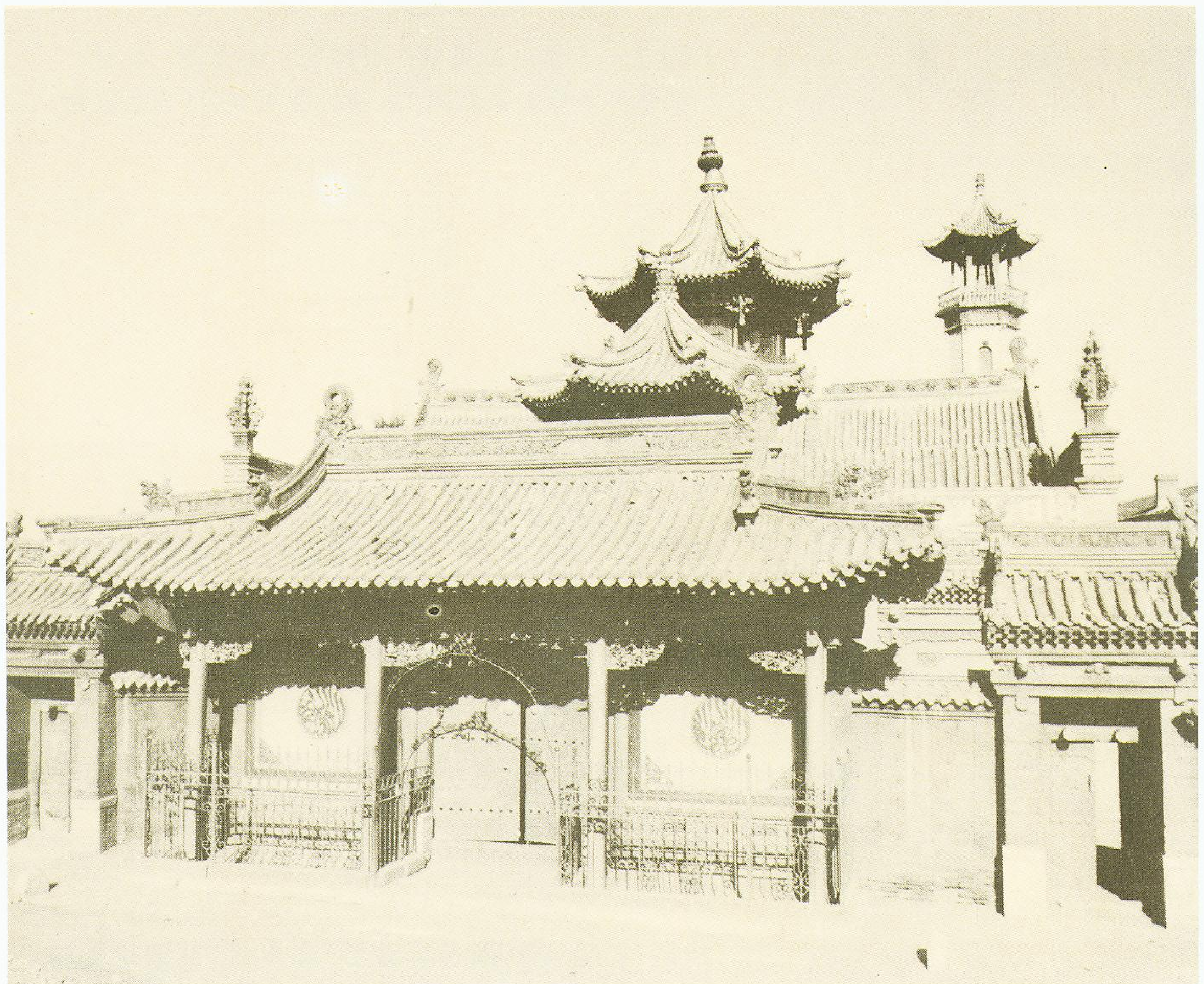


图11-4-7 （1）呼和浩特清真寺（西向）



图11-4-7 （2）呼和浩特清真寺（北向）

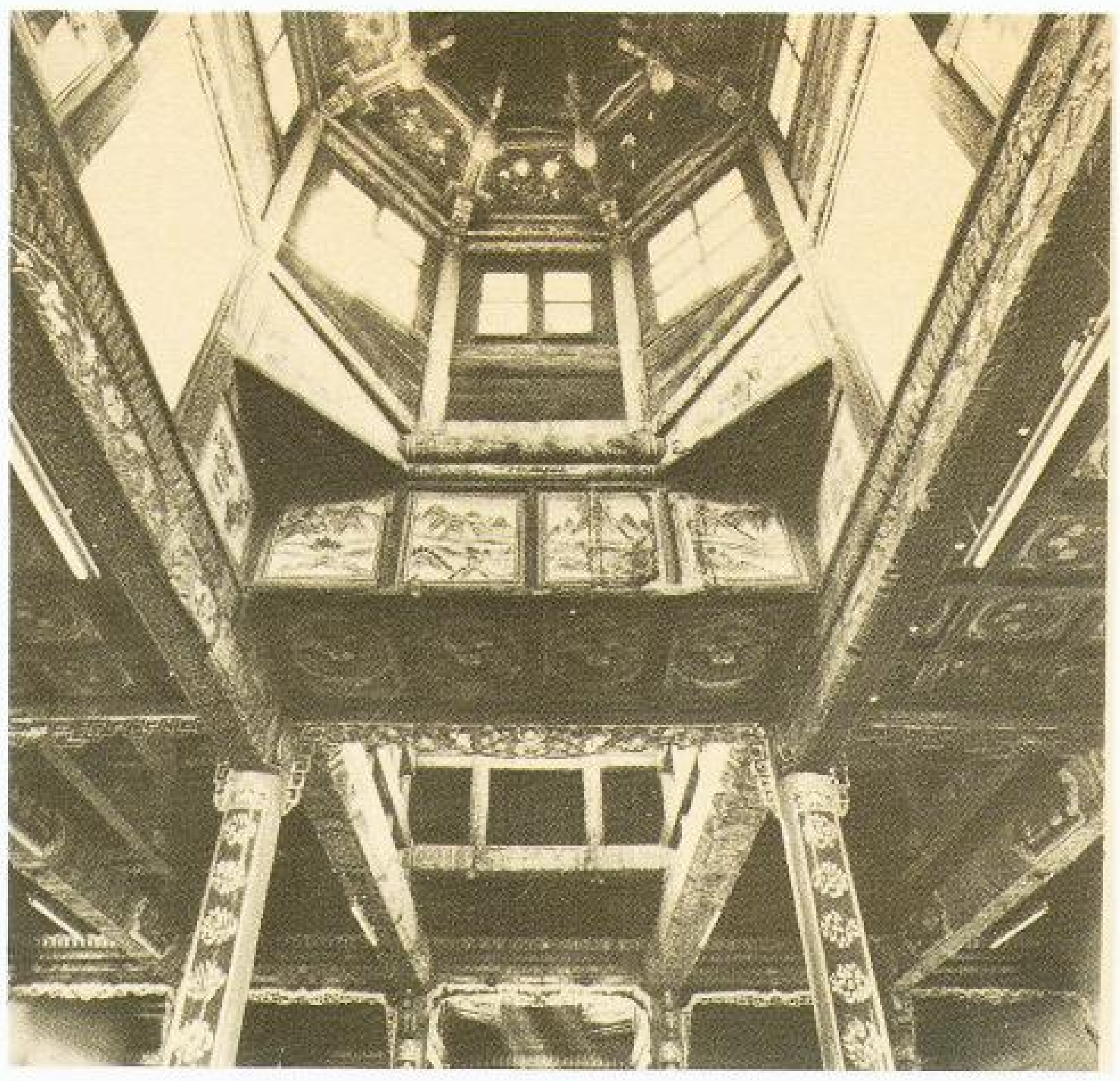


图11-4-7　（5）呼和浩特清真寺礼拜殿顶窗采光

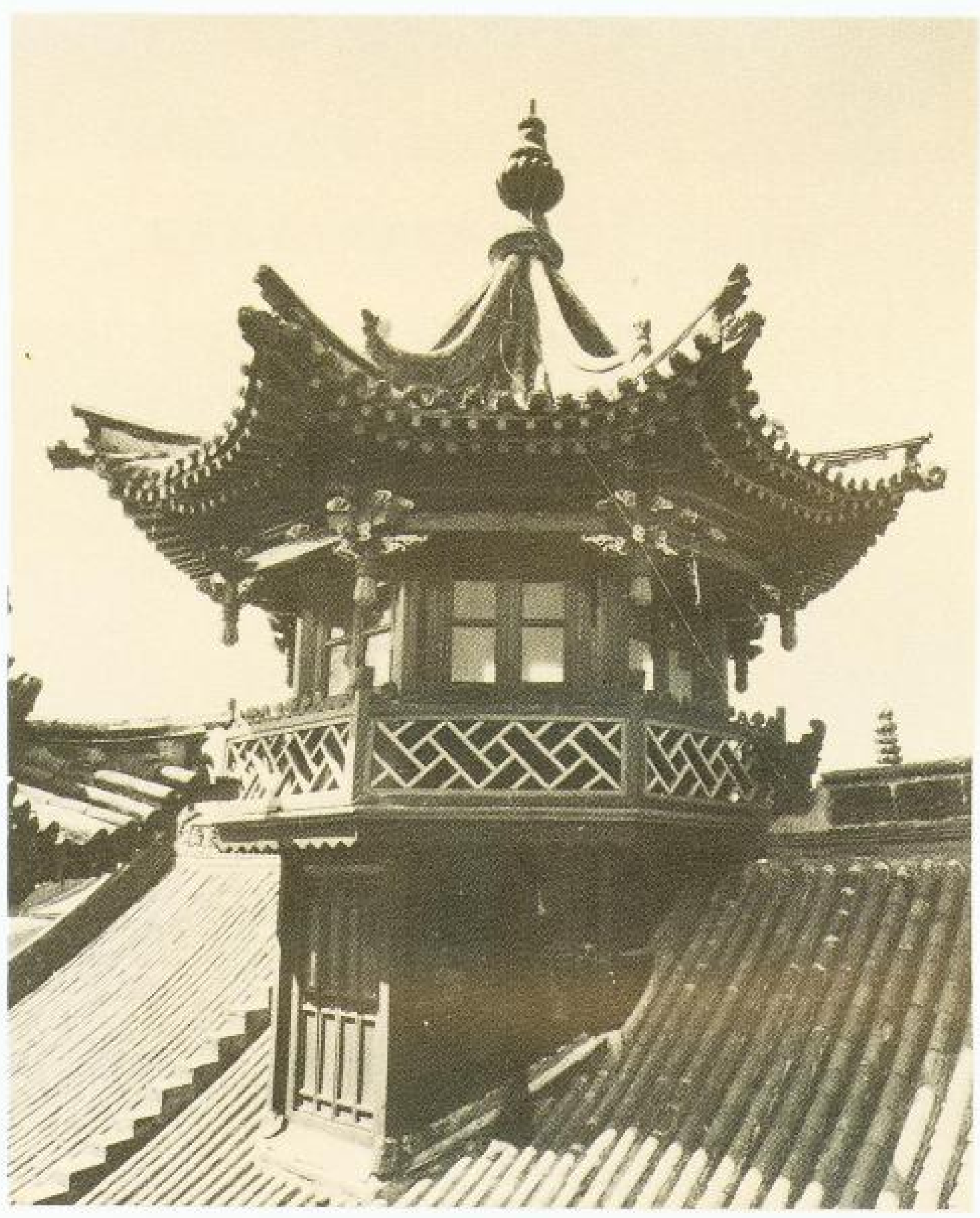


图11-4-7　（6）呼和浩特清真寺礼拜殿顶窗外观

高五层，登楼唤声传及甚远，并为寺之突出标志(图11－4－7)。

三　回族民居

回族建筑，除大量的清真寺之外，居住建筑的技术，基本上是反映地方的特点，与当地汉族民居并无多少差别，其民族的特点并不明显。以现今宁夏回族自治区传统式的回族住宅建筑为例，整个地区缺少木材资源，北部平原地带，气候干旱多风沙，居住建筑以平顶式房屋为主；中部为半干旱气候，平顶式房屋、土窑洞、土坯拱窑及坡顶房屋兼有；南部为湿润气候，主要是坡顶房及窑洞、土坯拱窑。其中建筑质量较好的是木结构的坡顶房屋。单体建筑的基本形式是“两明一暗”，其组合形式仍然是院落，而大多是狭长的窄院，一般宽度为2—4米左右，甚至仅有1米多，主要是防风沙及夏季西晒(图11－4－8)；土窑洞的形式则依地形和土质情况而异，有的在平地向下挖成窑院，有的利用坡地或崖面挖窑，在南面加筑院墙而成（图11－4－9）；还有一种高房式住宅，即在院落一角，在土坯拱窑顶或平顶式房屋面上加盖土木结构小房，即高爽避潮，又有瞭望防御的作用（图11－4－10)。以上做法亦为当地民居的共同特征。

农村大地主寨子，往往更在四周筑起高厚的土墙，厚3—4米，高6—7米，顶宽2米多，四角突出似碉堡状，有的还有砖砌女儿墙，在院内有坡道通上墙顶，可巡视防守，仅在南墙开门，围墙内后部为居住院落，前部空地为扩谷场及牲畜圈栏（图11－4－11)。

但回族人民比较讲究清洁，还有沐浴的习俗。沐浴本来出于宗教上的要求(“大净”、“小净”)，逐渐成为生活上的习惯，在住宅内有简单的沐浴设备，即由地面上的渗井和上部吊水罐组成，讲究

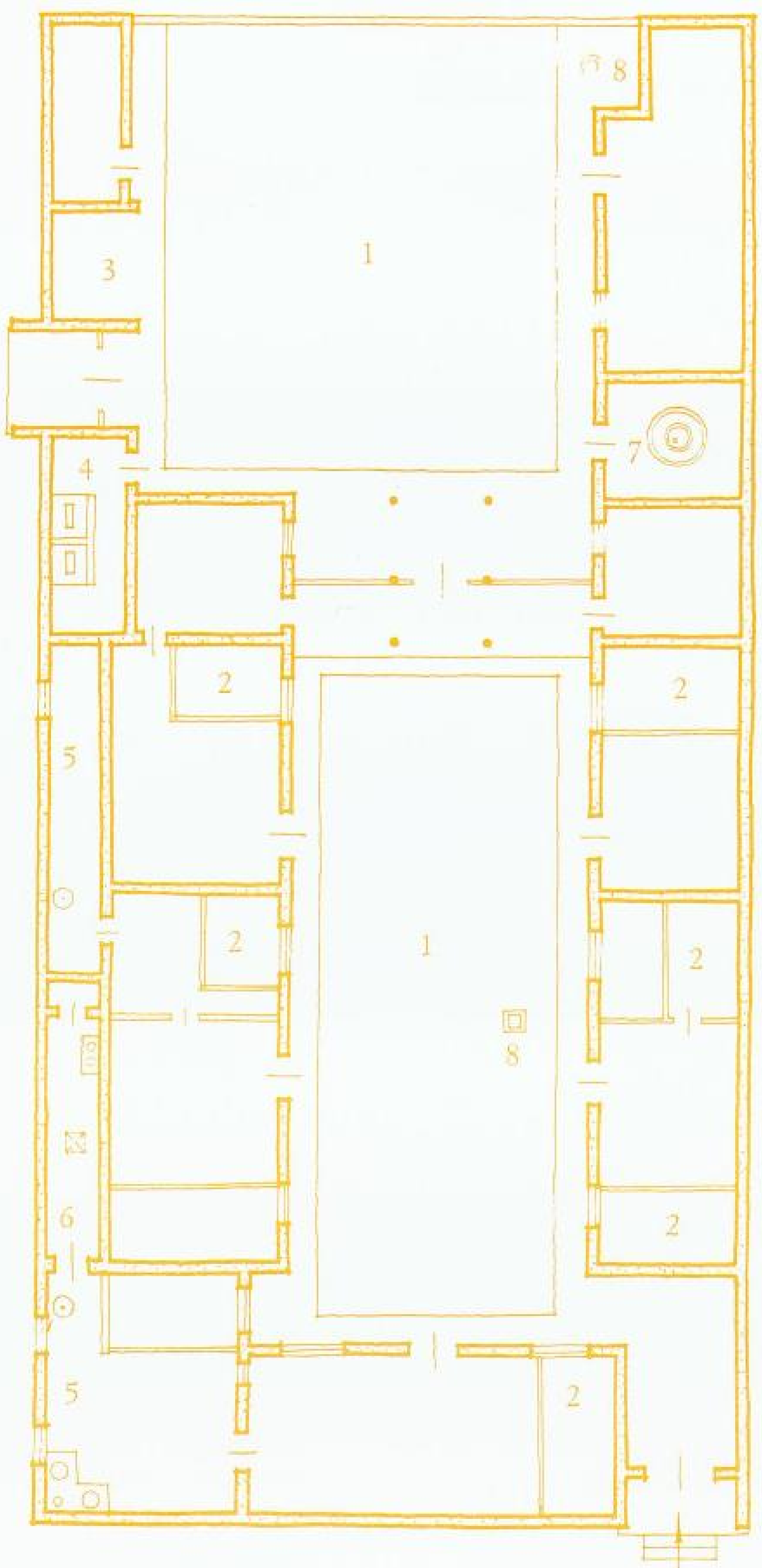


图11-4-8　（1）宁夏同心县城关某宅院落平面
1.院子；2.坑；3.柴草；4.厕所；5.渗亭；6.天窗；7.磨；8.井

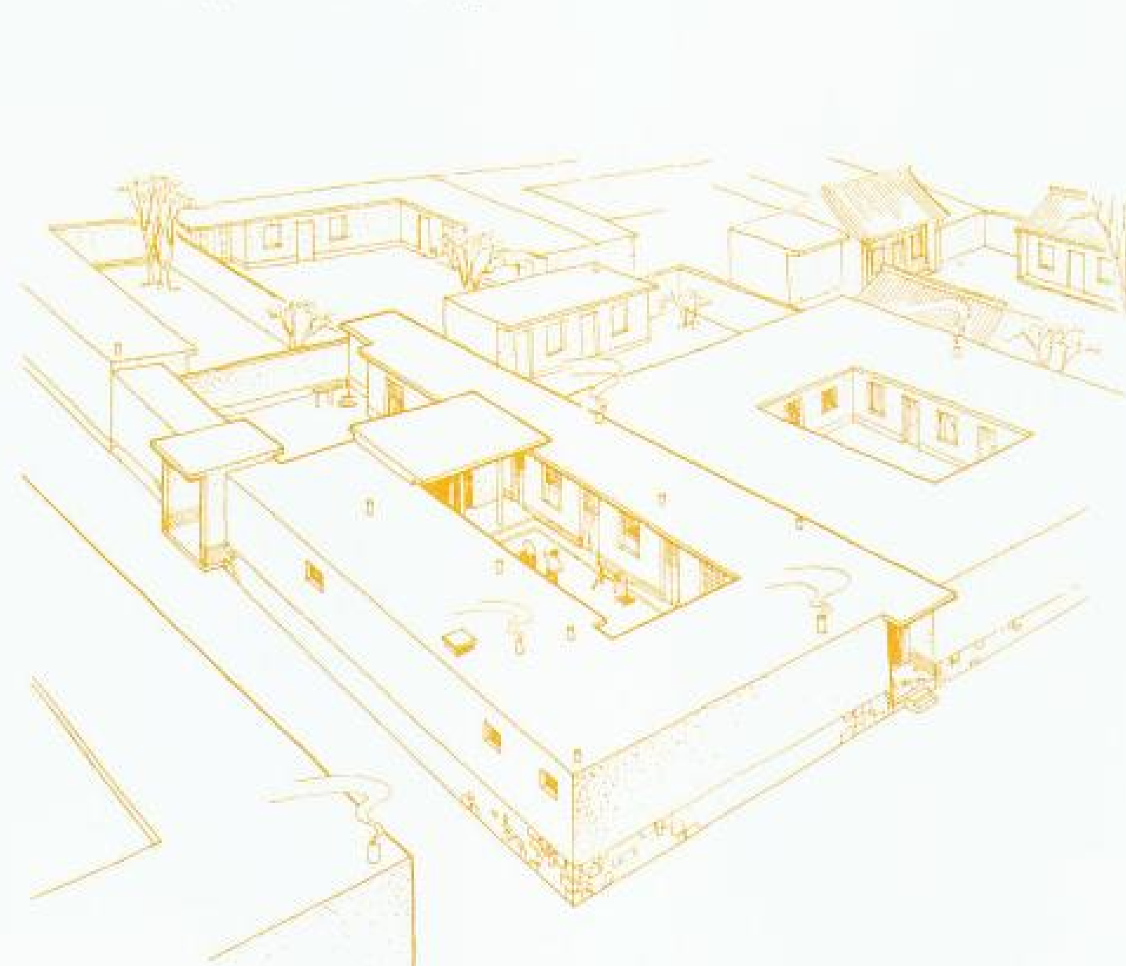


图11-4-8　（2）宁夏同心县城关某宅院落鸟瞰

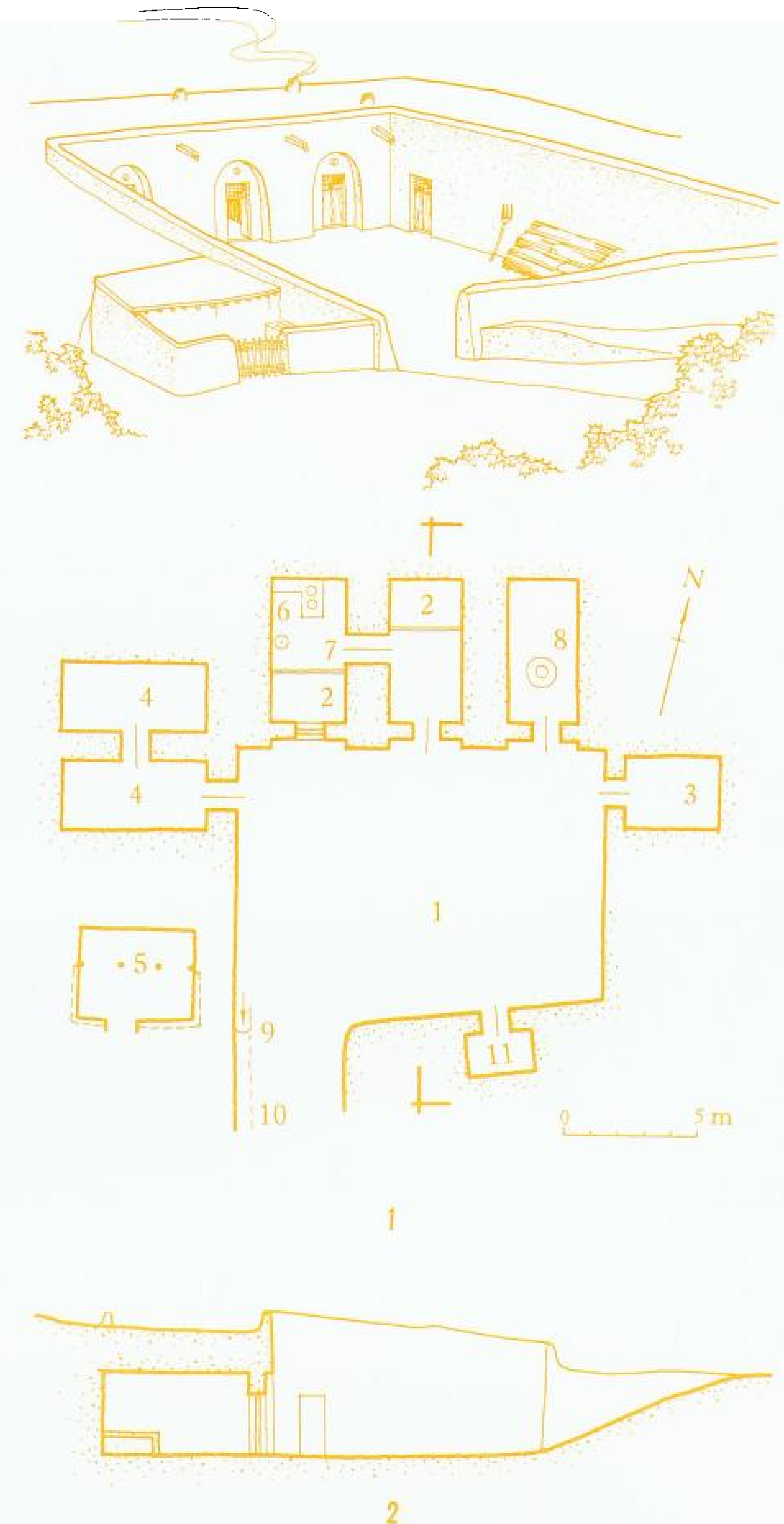


图11-4-9　盐池县城关某宅地下窑院示意图
（1）平面；（2）剖面
1.院子；2.坑；3.柴草；4.库房；5.畜圈；6.灶；7.渗亭；8.磨；9.排水口；10.引至水窖；11.家禽

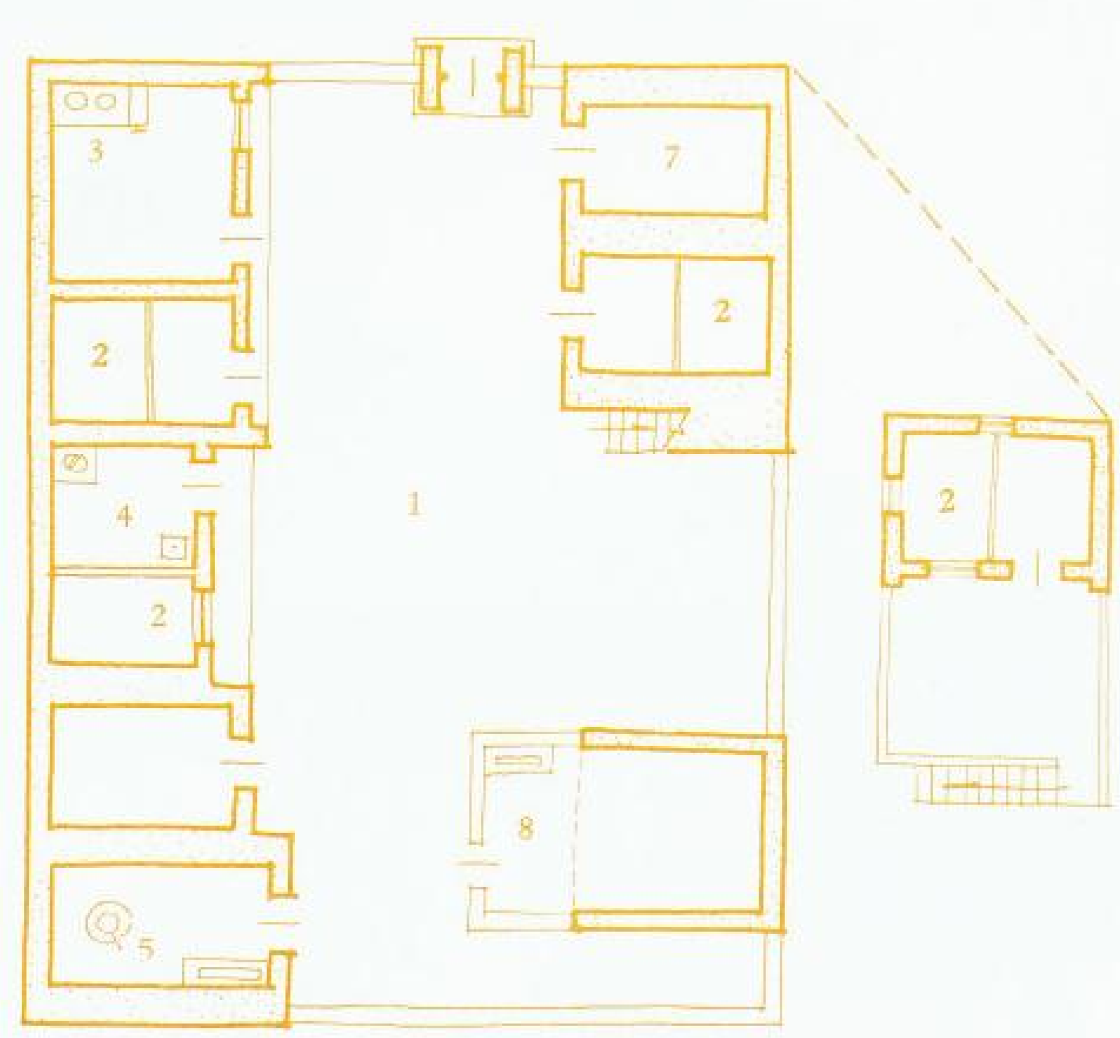


图11-4-10　（1）西吉县城关“高房式”住宅平面图
1.院子；2.炕；3.风箱；4.渗亭；5.磨；6.水井；7.菜窖；8.羊圈

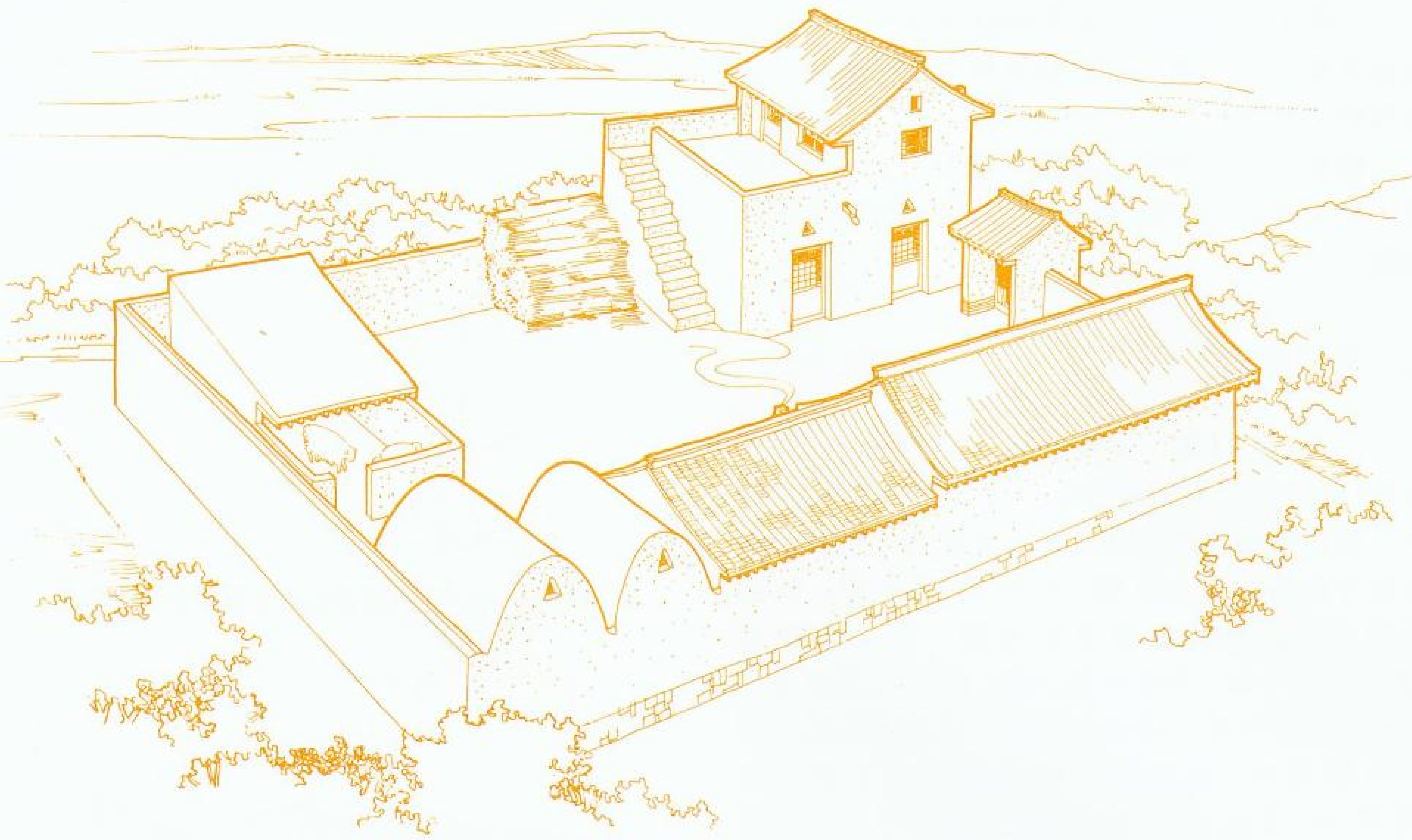


图11-4-10 （2）西吉县城关“高房式”住宅鸟瞰

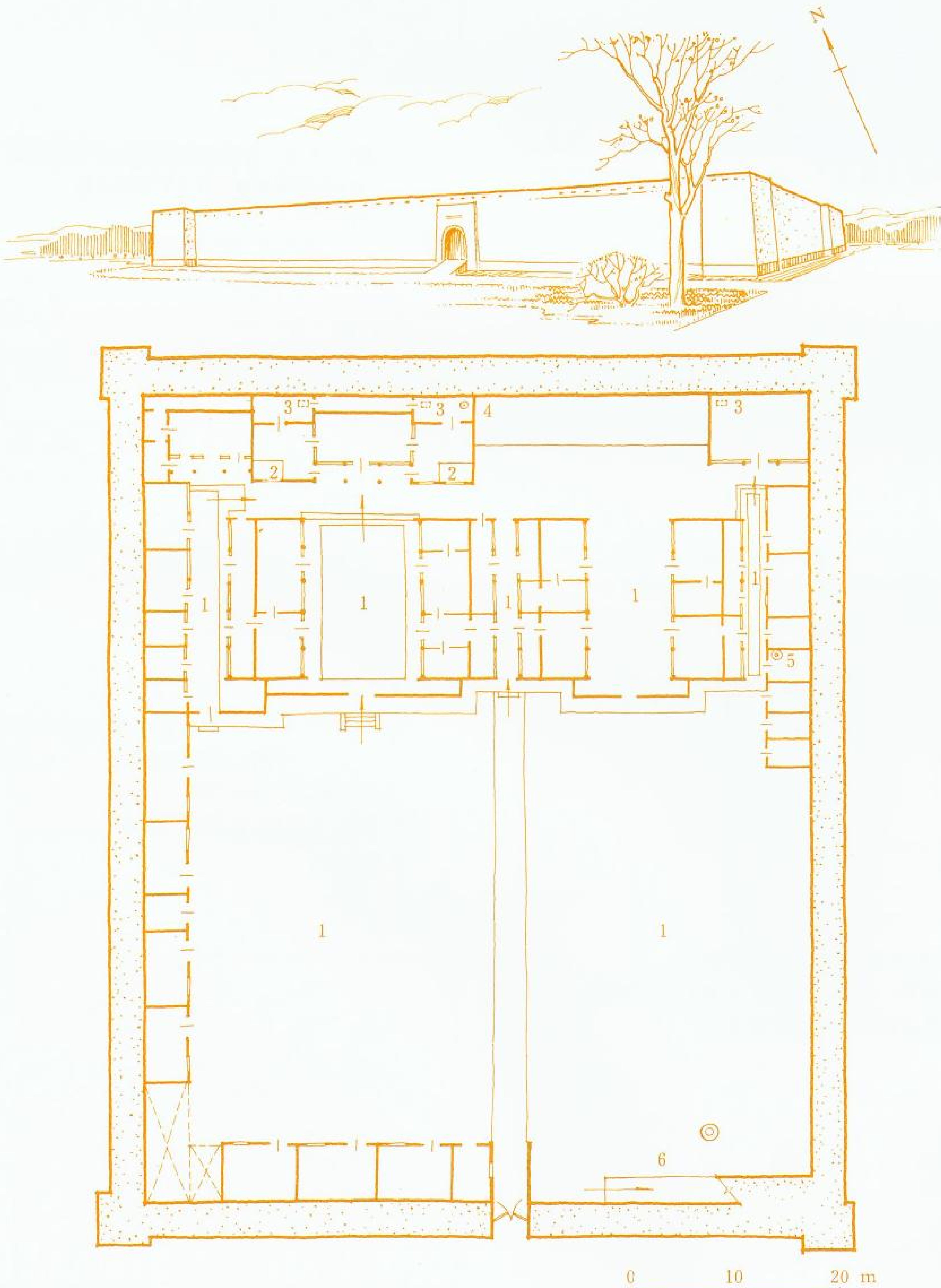


图11-4-11 宁夏吴忠县东塔寺马家寨子
1.院子；2.炕；3.天窗；4.渗亭；5.井；6.坡道

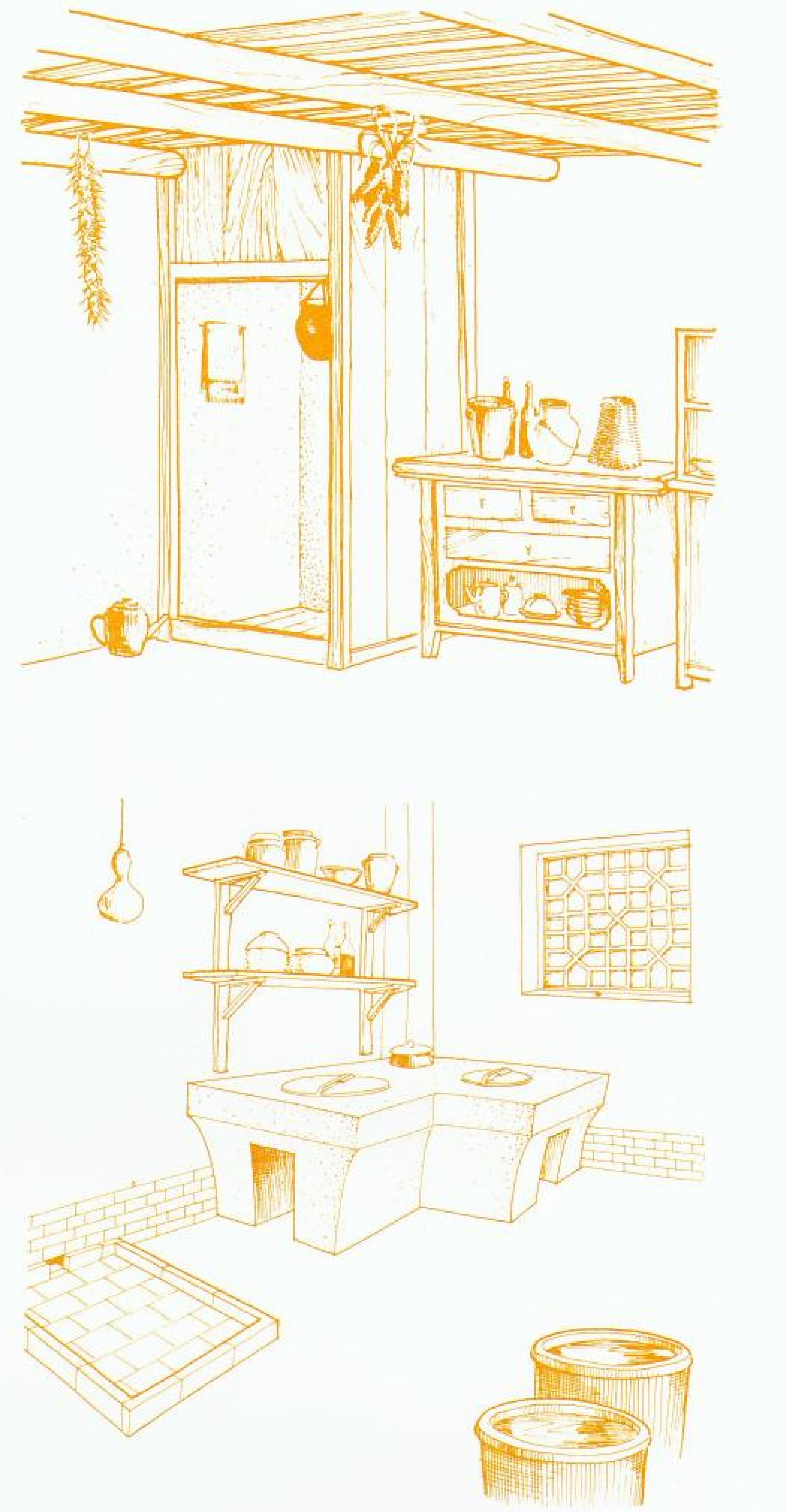


图11-4-12 回族民居厨房及沐浴设备

的则用木板隔成小间，地面铺砖。为了便于续水，沐浴间常设于水井或灶房近旁（图11-4-12），沐浴设施便成为回族民居的一个特点。

回族民居的材料和结构做法，平顶或坡顶房屋，一种称“立木式”，是由梁柱构架和土坯墙、“垡拉”墙或版筑土墙构成；一种称“海搭式”，即以土坯墙、“垡拉墙”或版筑土墙承重。“垡拉”的做法，是在地里灌水待浸透，后以石碾反复压实两三遍，最后用平锹切成一定规格的土地，铲下凉干即成，是一种类似土坯的建筑材料而制作更为简便。该地区因地下水位低，雨水稀少，房屋基础多与原土夯实或砖石砌筑，常用芦苇作墙身防潮层。土木结构房屋面的常用做法是在椽上铺席，席上铺苇帘再垫草上抹草泥。平屋顶排水都用木滴水，伸出较长以保护墙脚不受屋面排水的冲刷侵蚀。土坯拱的施工方法，一般是先筑两侧夯土墙，再用土坯做前后墙，不用支模，只在山墙上画出拱形曲线，从山墙开始用泥浆逐圈贴砌拱券，拱圈稍向山墙倾斜以免脱落，先贴砌两边，最后安拱心。拱顶砌成后上面用粘土填平，以石杵夯实，找出排水坡度，以草泥抹光即成，这是地方工匠在长期实践中形成的民间传统的建筑技术（图11-4-13）。

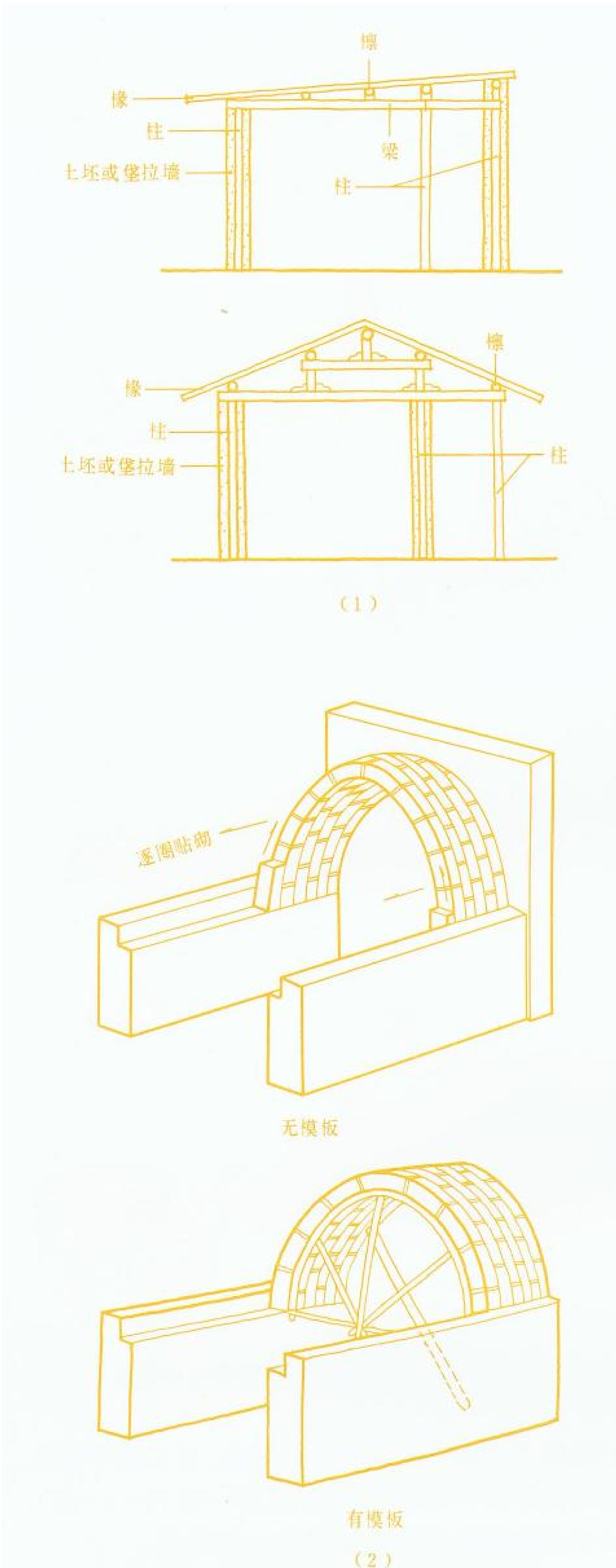


图11-4-13　(1) 立木式结构构架；
(2) 土坯拱施工示意

第五节　朝鲜族建筑

朝鲜族是吉林省境内的一个少数民族，主要居住在接近鸭绿江的延边地区，以耕种水田为生活。

朝鲜族的建筑，主要是住宅，没有寺院庙宇和其它公共建筑。无论是村镇的形成，房屋建筑的平面布置，外观的处理以及各部分建筑构造技术等等，都有不同的做法。

一　村镇的形成

延边地区村镇主要由农民聚居而成。选地大部分在沿山的平川地带。村镇的距离不等，主要根据水田分布的情况而定。选地多为田头、靠山向阳的位置，还要考虑水源和交通方便。

村镇房屋的布局，常常沿路建设，大部分房屋设有院子和院墙，各户分隔独立，院前院后空地相等，形成行列。

因此，大体根据村镇的干道布局房屋，干道有一定的方向，小道又与干道相交，沿路边建设房屋。

二　房屋建筑技术

(1)住宅平面：平面布局，以“间”为单位，多取“四间房”，“六间房”，平常习惯以四间房为主。居室内部在间的部位可不设隔墙，必要时全屋通开成为一个大空间，以利特殊需要。间的宽度相同，但是进深有长有短，分为带外廊(图11-5-1)，不带外廊二种，开间尺度以3×6米为基本尺度，是城市和农村常用的形式。另外有拐角房，在两端尽间向前伸出1米左右(图11-5-2)，或两端伸出成凹形房屋，中间留前为外廊。外廊的用途，主要是夏天在此就餐、会客、乘凉和休息。

(2)房屋平面特点：

1)在一栋房屋中房间多，根据用途划分，用拉门隔档，使用比较方便。

2)室内火炕面积大，没有交通面积，当地流行一句话“炕大地小”，进屋就是炕。除厨房外，生活活动都在炕面上进行。

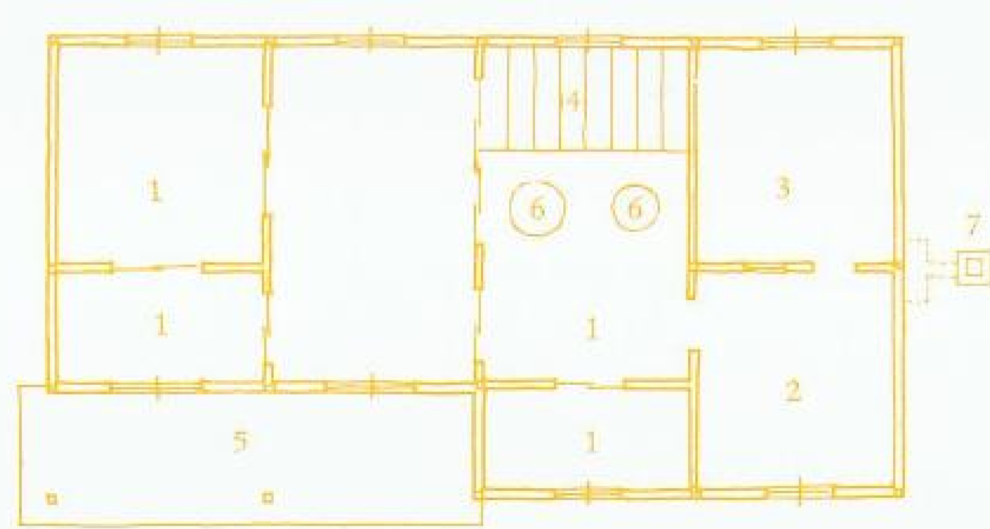


图11-5-1　左廊式房屋平面图
1.卧室；2.牛棚；3.草房；4.焚火炕木板；5.前廊；6.锅；7.烟囱

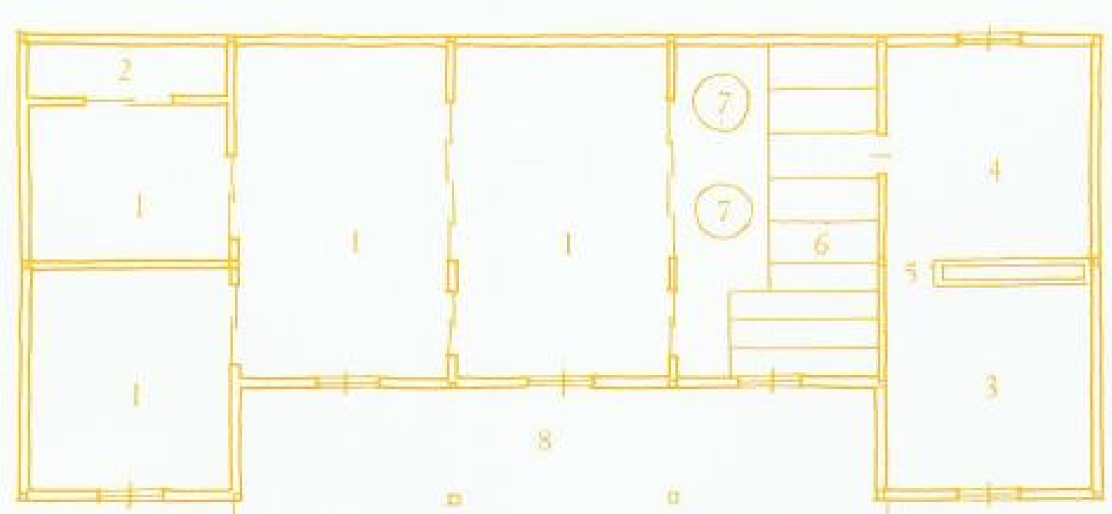


图11-5-2　中廊式房屋平面图
1.卧室；2.橱；3.牛棚；4.草房；5.牛槽；6.焚火炕木板；7.锅；8.前廊

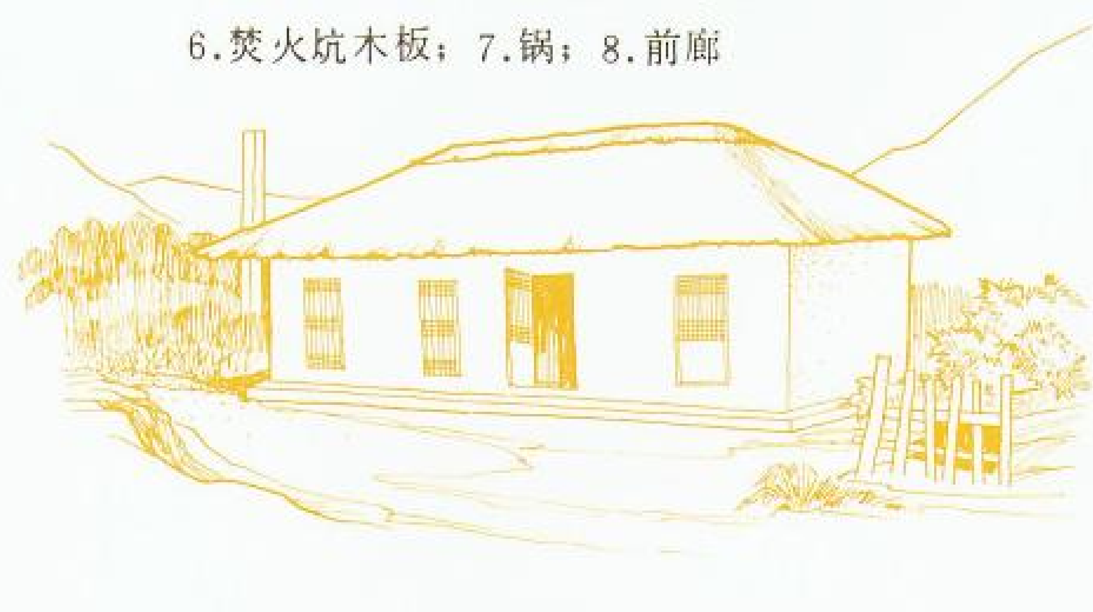


图11-5-3　吉林安图县福满乡某宅四坡草铺屋顶外观

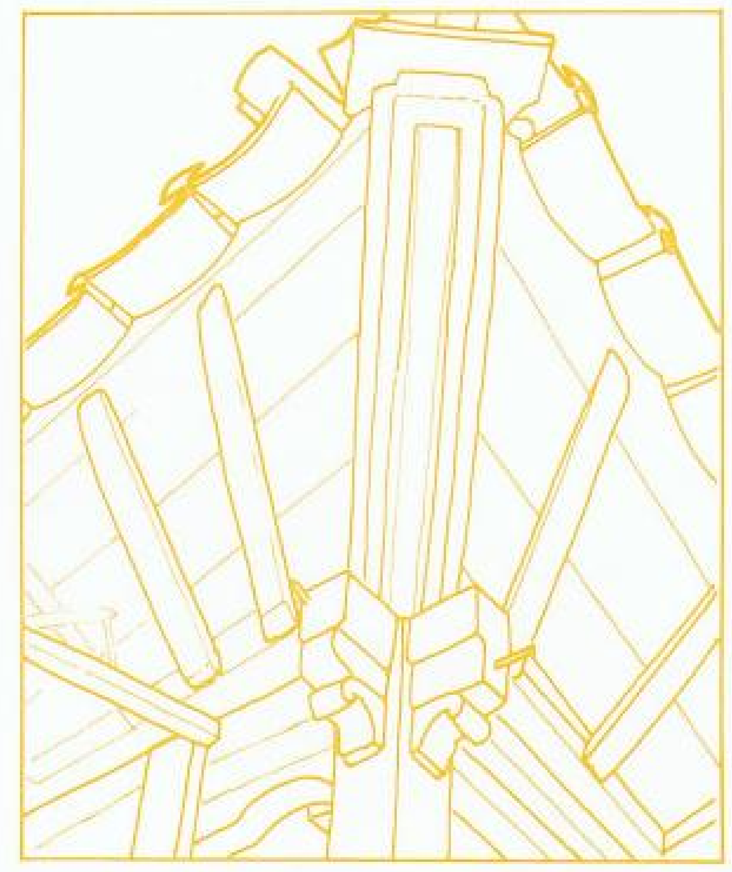


图11-5-4　吉林延吉市某宅檐部与方柱仰视

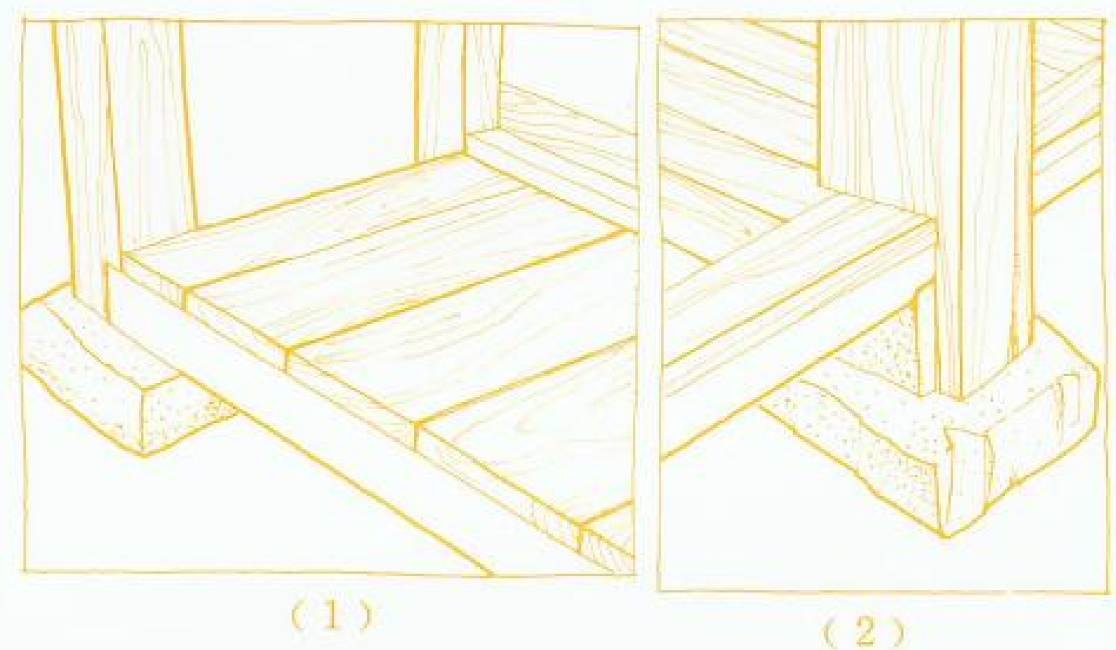


图11-5-5　吉林延吉县龙井村某宅廊板
(1) 廊板端部；(2) 廊板中部

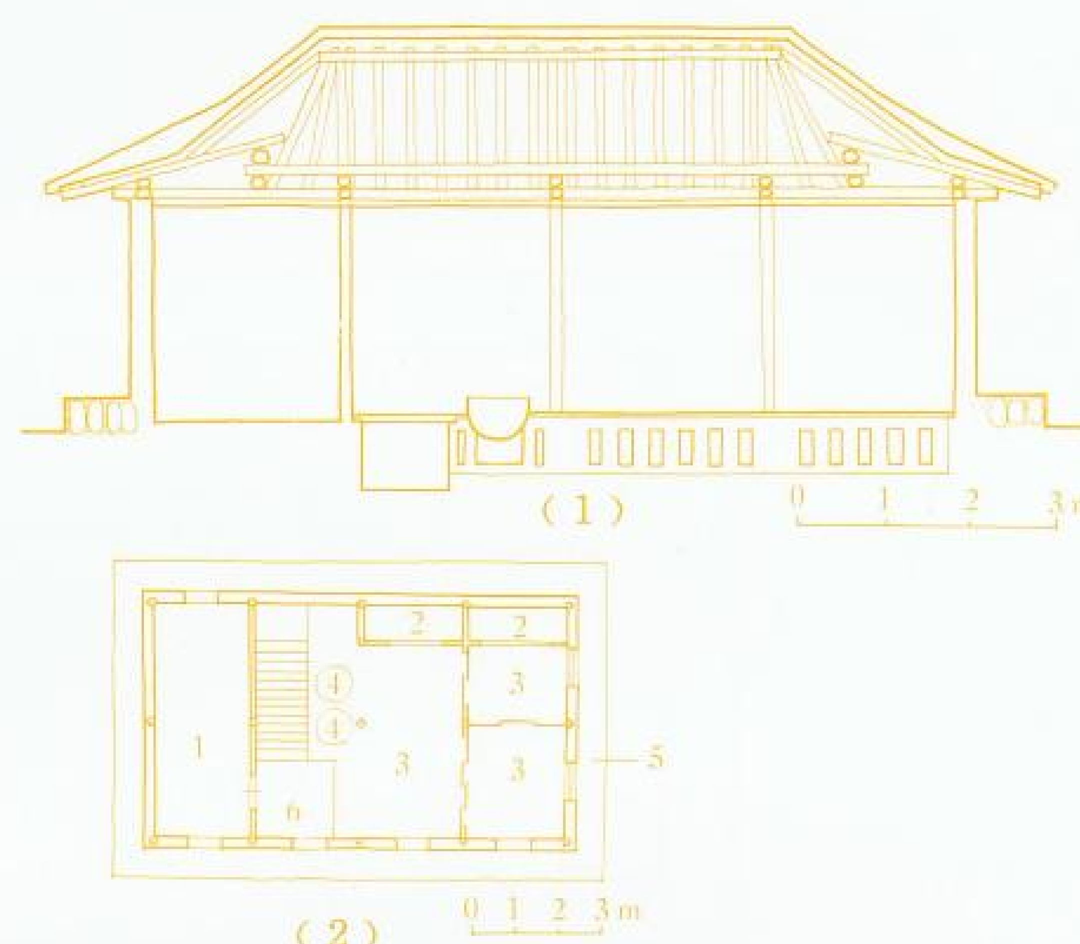


图11-5-6　(1) 吉林延边朝鲜族自治州某宅平面、剖面示意图
(1) 剖面；(2) 平面
1.草房；2.厨房；3.卧室；4.锅；5.台基；6.焚火坑

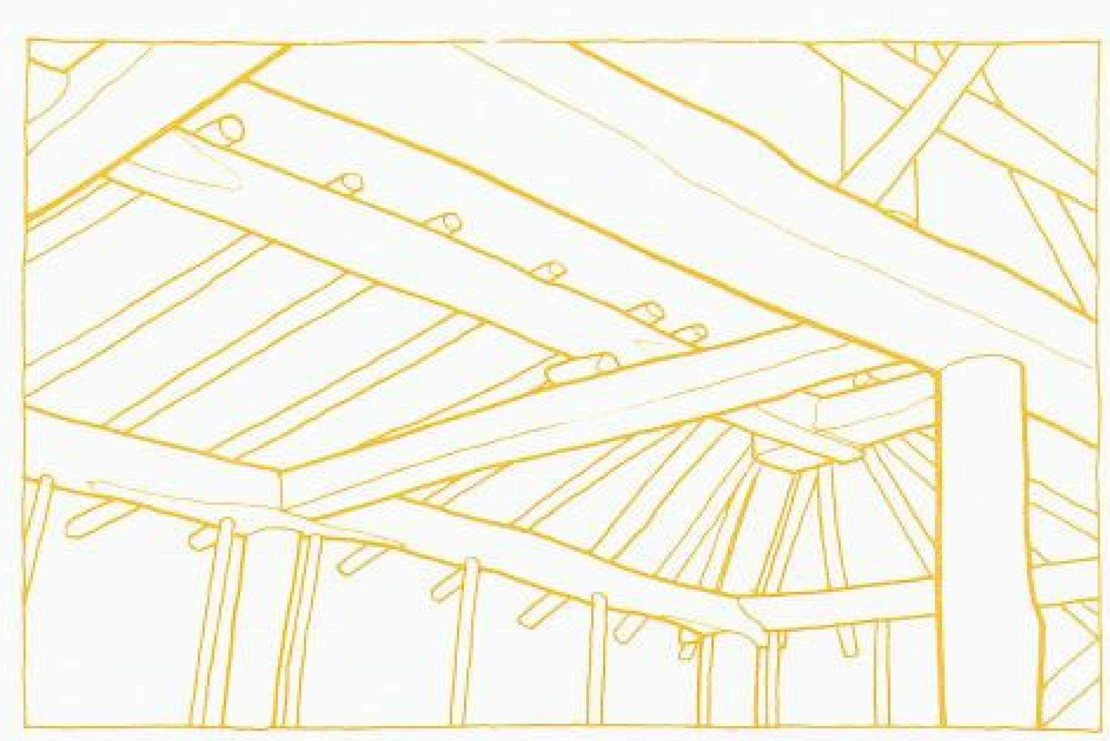


图11-5-6　(2) 吉林安图县福满乡某宅梁架局部

3)外观，朝鲜族住宅平面均采取长方形。屋身不高，上四坡草铺屋顶（图11－5－3）。台基用土石砖木等材料，在人们经常出入的方位建造架空式木制廊板，墙壁表面涂饰白灰，各间木制方柱，在外墙面中露出，不涂油漆，用木材本色（图11－5－4）。墙面开落地长窗，都是上下直条式、开单扇，门窗不分。门窗扇都不装玻璃，以纸裱糊，室内光线显得淡。屋顶用草顶和瓦顶，屋顶坡度比较平缓。

（3）房屋构造技术：朝鲜族房屋构造技术，用材规格小，而且梁枋中有一定的比例，采取以土木相结合的结构，构造方法简单，式样大同小异。

基础：朝鲜族居住房屋的地基很浅，一般没有挖至冻层，主要原因是墙体轻的原因。用砖基、块石或者用碎石捣固做成基础就可以了。

台基：均用土垫基，高20—30厘米，用边砌块石，既整齐又防止土边塌落。基础台基做法，主要是就地取材。

廊板：凡房屋的外廊，地面全部用木板做，比台基高出50厘米左右。板下用石块或用木柱承横梁（图11－5－5），安装廊板为了增加廊下的活动面积，如用作休息，出入室内脱鞋的间歇部位等。板面标高和屋内火炕相平，用此段作为进门过渡，以保持室内清洁卫生。廊板这一做法，在我国古代，早在春秋战国以及汉代建筑上也曾使用。

内墙：房屋内的隔墙均用木隔，有的做板条涂泥抹灰，只起到隔档作用。木拉门糊纸。需要家庭聚会喜庆办事时，则将木拉门全部摘下。

外墙做法只有二种：一为实心墙，二为夹心墙，墙体甚薄，厚度12—15厘米。都接连木柱，以木柱为骨架，其间施板条或柳条编笆外部抹灰，内部糊纸。

柱、梁做法与汉族不同，分为两种式样：一为梁柱式，二为框架式。梁柱式支承纵横梁，按柱网纵横交叉，在水平梁上立柱，柱头支承脊檩。柱子，均用方型木柱（18×18厘米），横梁为18×22厘米，柱子下有地栿，柱脚均垫石块，梁柱相接处都伸出25厘米。框架式按间均立方柱，柱与柱间纵横加横枋，和地栿断面相同。柱头枋也与枋相同。大梁较粗，横在前后檐梁上，中心立柱（瓜柱），上安脊檩。前后梁间檩木加垫枋，垫枋上置檩子即前后中檩。这样屋架做曲面，有的梁间用元木与荒料做成，但是构造方法相同（图11－5－6）。

屋顶：分为草顶与瓦顶。草顶用稻草，因材料来源多，所以大量使用。草顶大部分用在农村房屋，采用四坡水（图11－5－7）与硬山顶二种。二年苫一次，每次一间用200捆，也有顶山顶草房常用草编织成为帘子把全部屋顶苫上（图11－5－8）。城市房屋都用瓦顶，瓦顶全部用歇山顶（图11－5－9）椽子上铺柳条，抹泥（黄泥加沙）7—10厘米，瓦顶厚度15厘米左右。凡朝鲜族房屋屋面都呈曲线，檐角起翘（图11－5－10），勾头、瓦当用高梁花瓣，瓦面均用筒瓦与瓪瓦相结合（图11－5－11）。



图11-5-7 吉林安图县通向村某宅外观

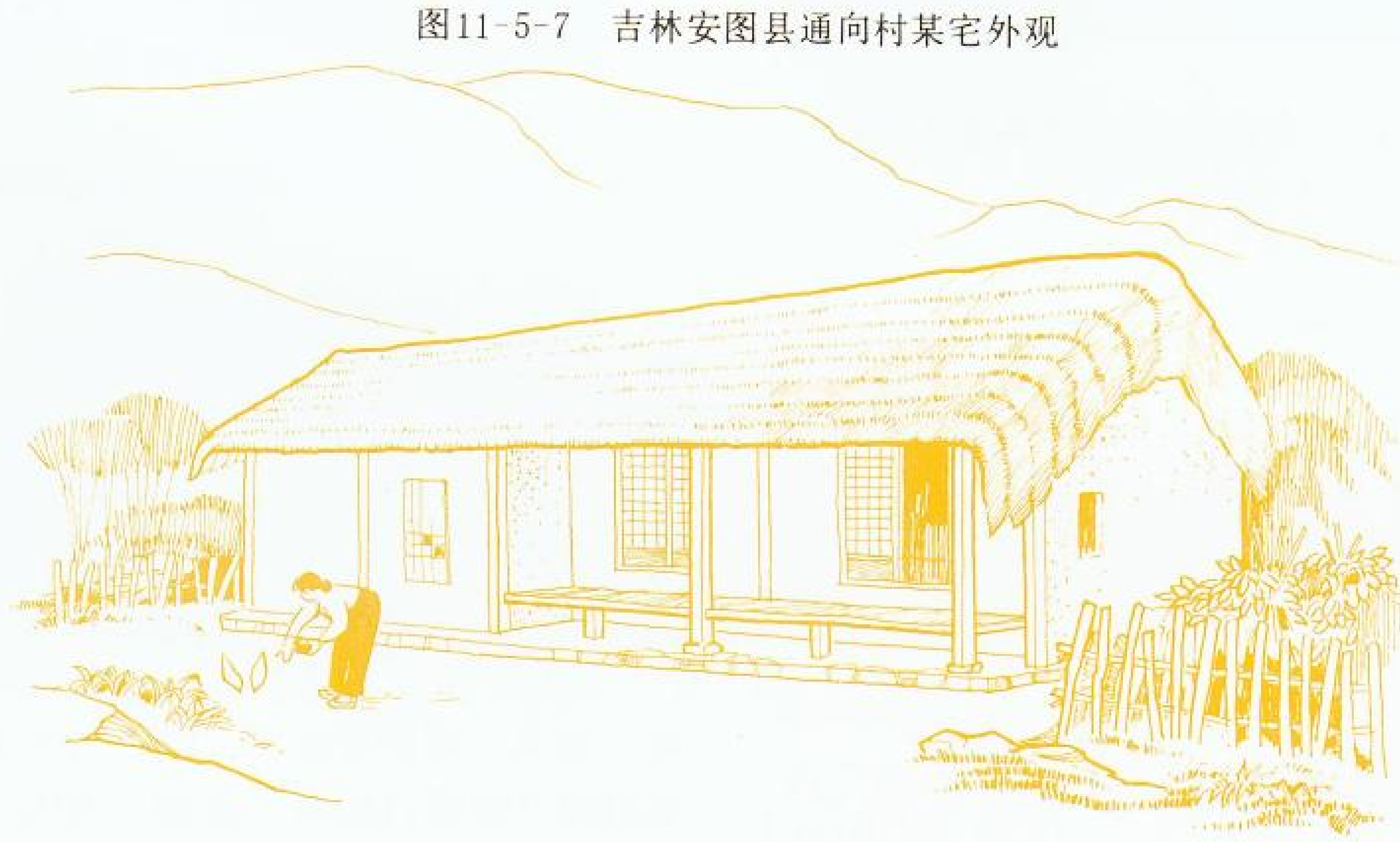


图11-5-8 吉林辑安县通沟乡某宅外观



图11-5-9 （1）吉林延吉县龙井村某宅四间式瓦房外观



图11-5-9 （2）吉林延吉市某宅歇山顶瓦房立面



图11-5-10 （1）吉林延吉市某宅歇山顶局部

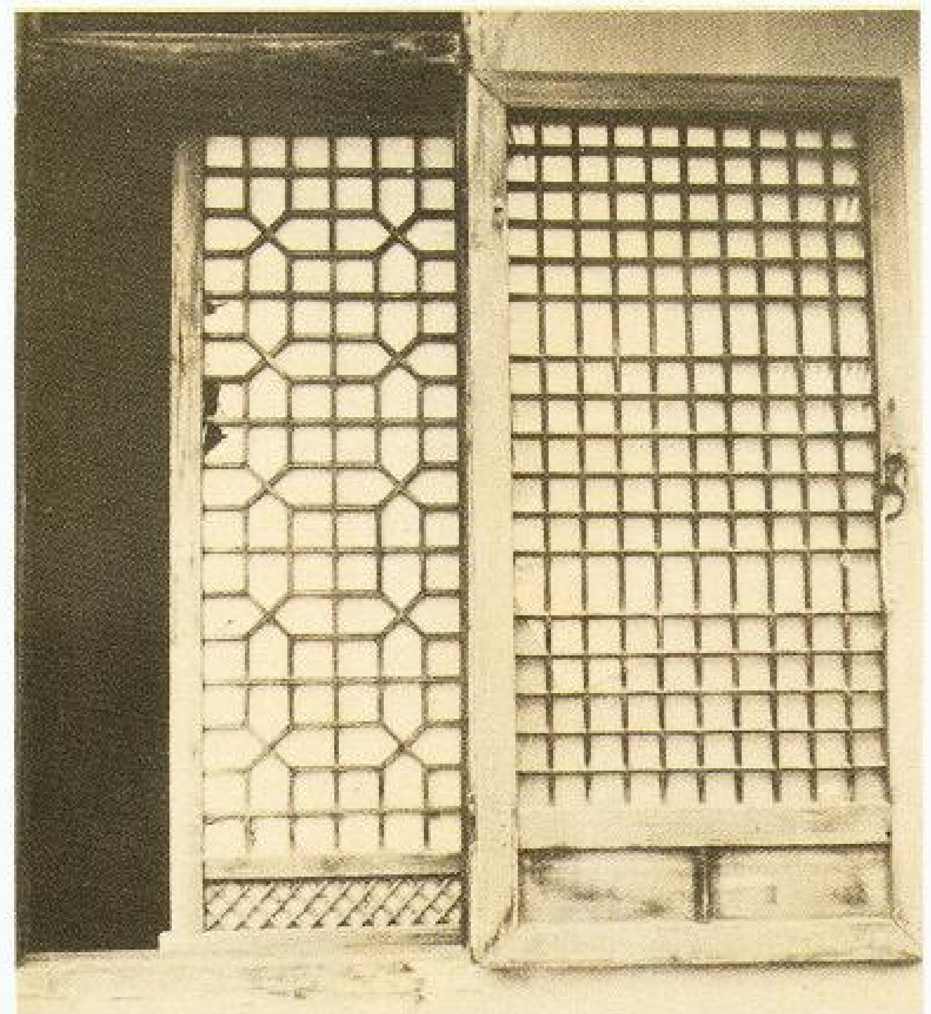


图11-5-12 吉林延吉市某宅客厅外门

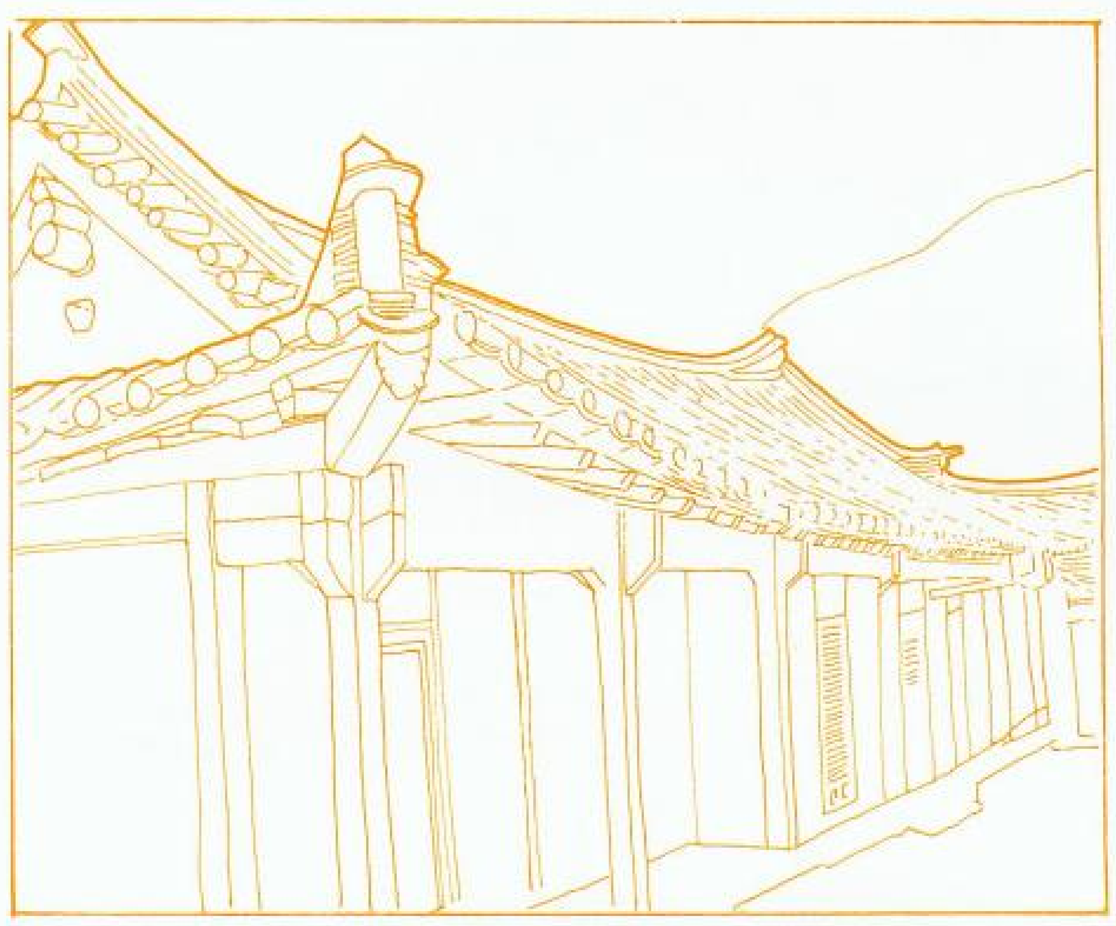


图11-5-10 （2）吉林和龙县某宅的檐角起翘

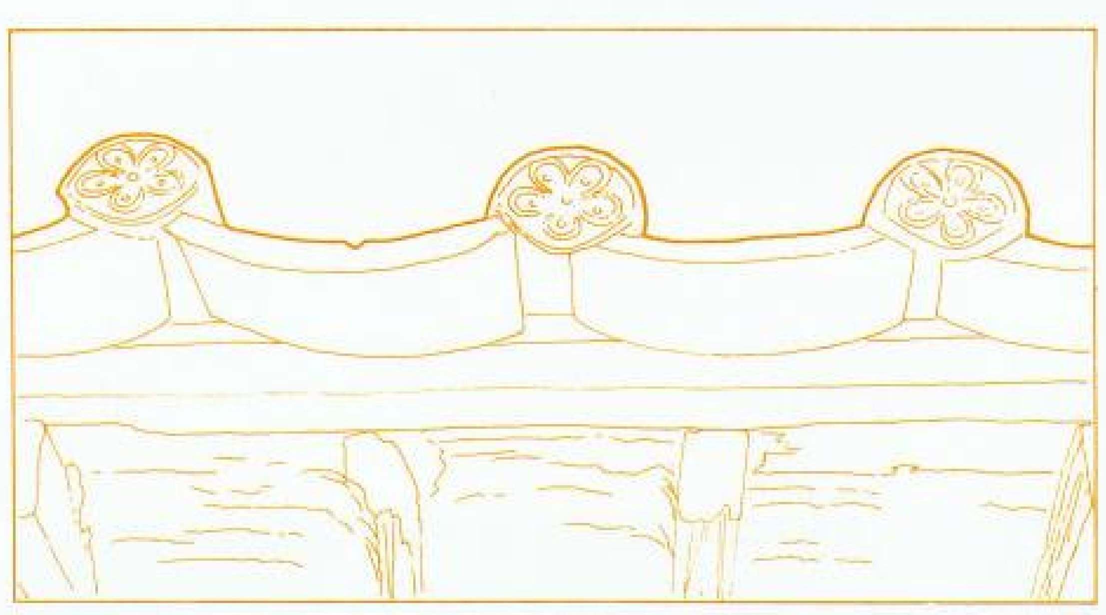


图11-5-11 （1）吉林延吉市某宅瓦顶檐部

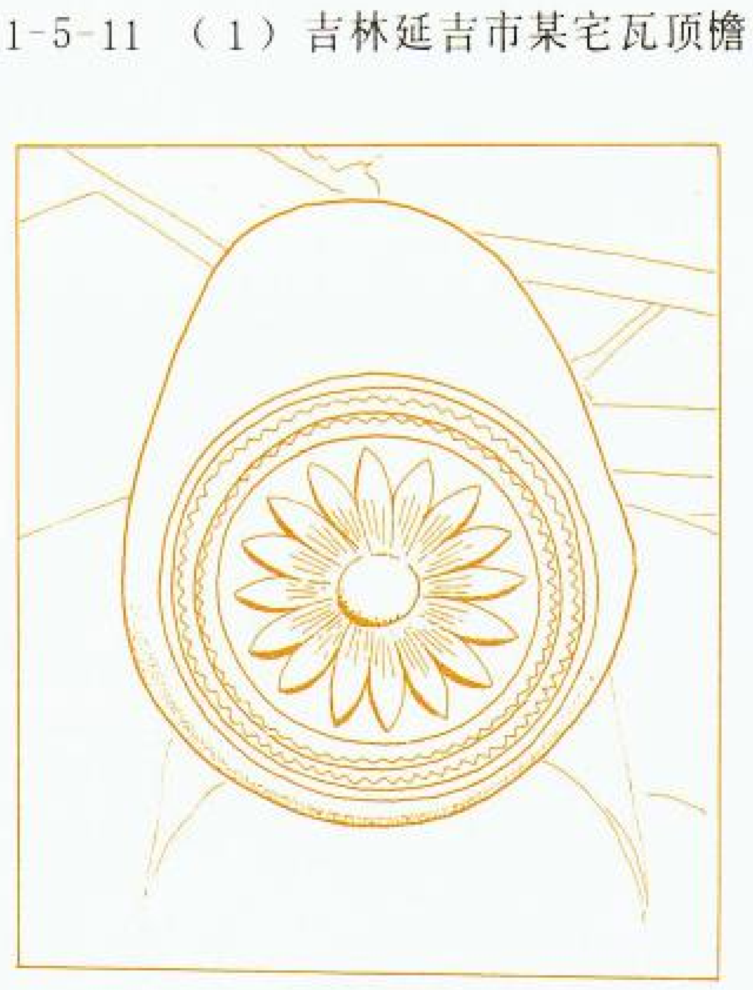


图11-5-11 （2）吉林延吉市某宅筒瓦瓦头

门窗：朝鲜住宅房屋门窗不分，平均每间一樘，每樘门窗大小相等，式样相同，都可以自由开动。而且每窗都做成单扇，个别的地方也做成双扇。直棂，棂格尺度做得很小，分别三段方格，其它为直棂。门窗扇均糊高丽纸（图11－5－12），每年糊二次（春秋两季进行）。

火炕：火炕的范围占居屋的全部，有炕而无地，如果三间都是居室，则三间全部做成火炕。他们的习惯进门脱鞋，直接上火炕，席地而坐。火炕的构造方法：均用砖砌出长洞（顺洞），从一端烧火，全炕都得到加温。炕洞宽度24厘米，炕洞间墙为10厘米，火炕的高度在30—40厘米之间，根据房屋地面与廊板的高度决定。火炕的炕面用砖或石板来承托，炕面上抹泥8厘米再贴纸、刷油，表面光滑明亮。烟道做在墙外，用砖砌出基座，钉木板为方筒，每边宽度25厘米，烟囱的高度超过房脊。

第六节 云南少数民族建筑（附贵州苗族建筑）

云南省位于我国的西南边疆，是全国少数民族族别最多的省份，共有二十多种：彝、白、哈尼、壮、傣、苗、傈僳、回、拉祜、佤、纳西、景颇、瑶、藏、布朗、阿昌、怒、崩龙、独龙、苦聪、基诺及蒙古等。

全省的民族分布情况大致是：西北部高寒山地居住着傈僳、纳西、藏、怒、独龙等族；西部洱海周围聚居着白族，南部边境地带则有傣、拉祜、佤、景颇、布朗、阿昌、崩龙、哈尼等族；彝族人数最多，从川滇边境到元江流域均有分布；哈尼、壮、苗、瑶等族在本省东南。

云南地区古代曾存在过穴居和巢居，这在一些民族传说中有所反映。巢居的原始形态，还可以从文献中找到一些线索，如《北史》和《太平寰宇记》说，西南少数民族建筑“依树积木，以居其上”及“构屋於树”等等。

1957年在剑川海门口挖河工地发现新石器或金石并用时代的建筑遗址，出土有数以百计密集的桩柱，并残存四根横梁。横梁一面较为平整，有的横梁两端还存有卯孔，平整的一面可能向上，在其上铺设楼面[9]。据此，应是一处使用桩柱和横梁建造的干阑建筑遗址。

井干式结构的出现也很早。1955年以来，在晋宁石寨山和李家山出土了几批相当于战国至西汉中期的滇族青铜器，其中一件铜鼓形贮贝器（M12：1）的腰部所铸的“上仓图”中有两座井干式建筑（图11－6－1），该图表现奴隶们往这两座建筑中运送粮食的情形[10]。

仓房建筑楼面的升起，显然是为了防水防潮兼防鼠。现在西南地区的很多仓房，仍然离开地面。

同时出土还有四件青铜房屋模型（M12：26，M3：64，M6：22，M13：259）（图11－6－2）：

墙：除M12：26外，都是井干式，用方木叠成一间或两间。内隔墙同样也是井干式，与外墙交叉后伸出外墙。M12：26无墙，屋顶由两根直接从基地中伸出的粗柱支承。

楼面：室内均有楼面，室外围绕平台，平台面与楼面平。平台由支柱支承，支柱上升又成为栏杆柱。依所铸动物人物比例，平台离基地面的高度在半人以上，并具体表现了底层畜牛豕的情景。

屋顶：悬山式，但与一般习见的悬山不同，正脊向两端伸出很长，成为长脊短檐，伸长的脊檩端部由山墙外正中独立的粗柱支持，中柱上悬一牛头，上部加一斜撑，撑住脊檩尽端。屋脊有明显的生起。

屋顶很陡峻，但无举折，有的上面阴刻龟背纹，看来似用木板或树皮盖成。屋面上压着较密的顺水方向的木条，在屋脊处交叉，由房屋模型中所见是在交叉点上二木相向开槽嵌接，或加绑扎。M12：26在屋面两坡又各压了两根水平向的木条，所有这些木条都并不是椽子，而是用作屋面的压条。

M3：259为一组建筑呈三合院式，居中的显然是最主要的，它的屋顶依纵向在两头各低下一个搏风的高度，成为阶段形式。

梯：由M12：26所示为木板拼制，M6：22则由一巨大整木刻成，整木高达屋檐，下部刻出梯级，可上至平台，上部刻图腾形象。

以上各器，除M12：26外，建筑本身仍为井干式，而它们周围的平台由框木架起，又具有干阑的特点，可说是井干与干阑的混合。而M12：26则已是完全的干阑了。它们都有架空的楼面；它们的屋顶，也几乎完全一样。这就说明，井干和干阑之间的相互联系。

1964年在祥云县大波那村出土一座木椁铜棺墓[11]，时代相当西汉中期，其中有一副铜棺和两个简单的小铜房子，都作干阑式（图11－6－3），下层空敞，上层比下层挑出，有外倾的墙；屋顶为悬山式，亦长脊短檐，有生起，但无密集的压条和搏风板，小铜房屋面上有水平向的错落数道，似表示以板状物顺序覆盖屋面的作法。

在滇文化时期以后，云南境内没有再发现过更晚的井干和干阑的建筑遗址，但文献说明：一直到宋代，西南地区仍有巢居的存在，但井干、干阑的逐渐推广，终于完全代替了巢居。如“山



图11-6-1 云南晋宁石寨山出土铜鼓形双盖铜贮贝器腰部拓片

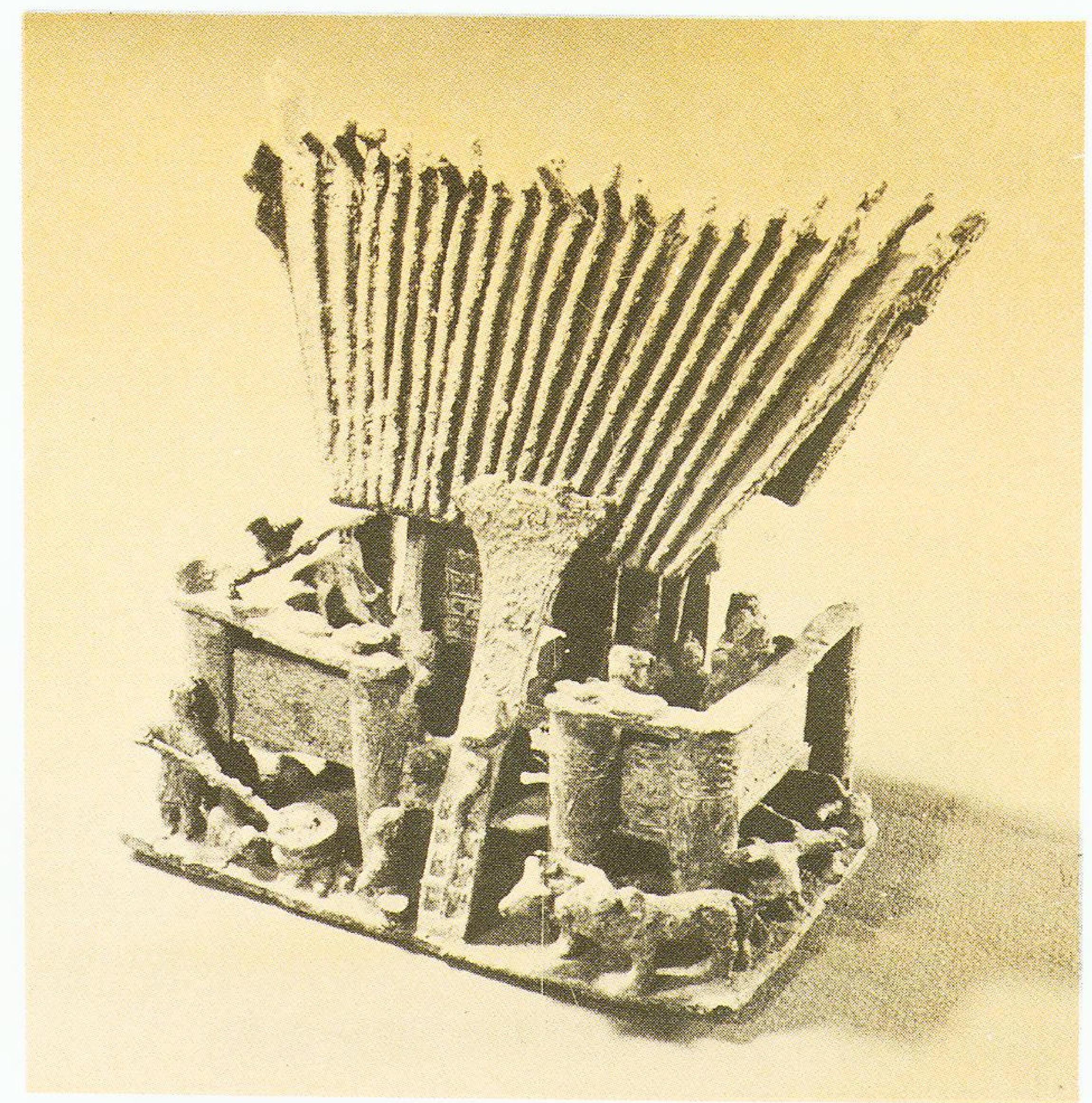


图11-6-2 （1）云南晋宁石寨山出土铜房子模模型正面

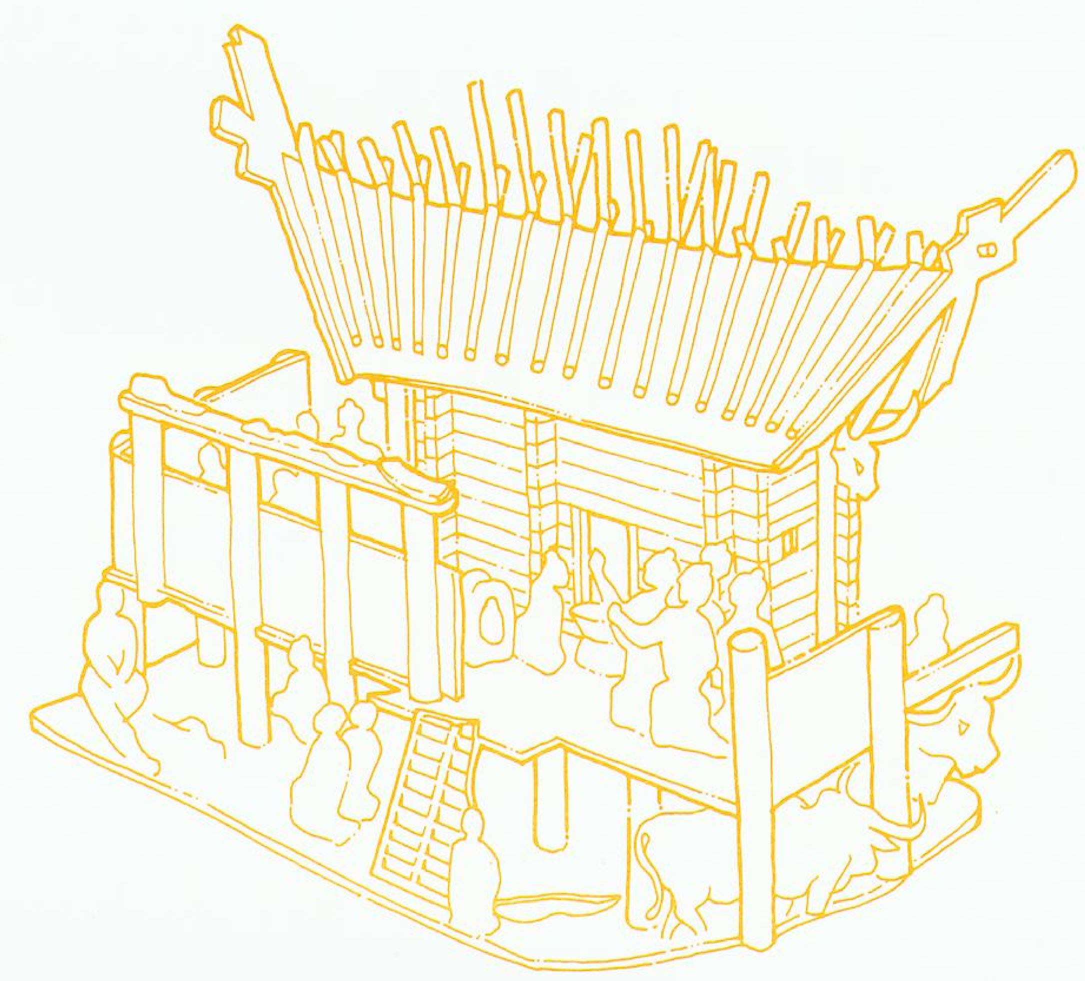


图11-6-2 （2）云南晋宁石寨山出土铜房子模型

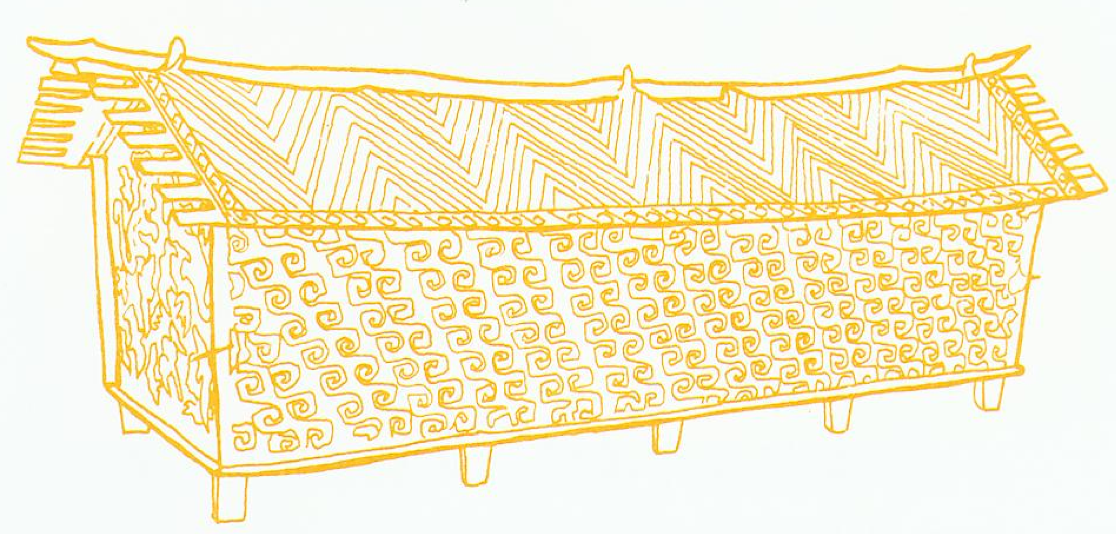


图11-6-3 （1）云南祥云县大波那村出土铜棺（长2米，边高0.45米，顶高0.64米，脚高0.11米）

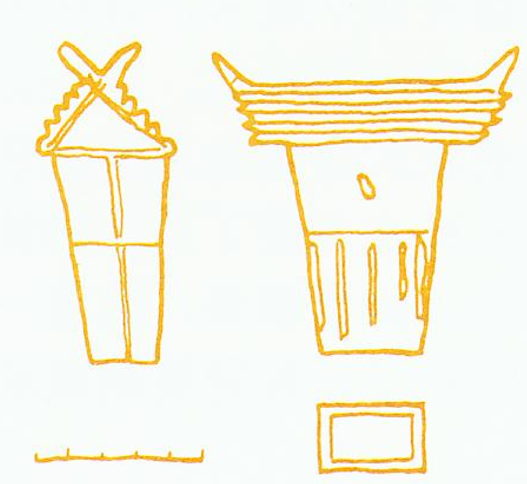


图11-6-3 （2）同时出土的小铜房模型

有毒草及蝮蛇，人并楼居，登梯而上，号为“干阑”(《旧唐书·南蛮传》)”；“濮夷在郡界千里，常居木上作屋”(《旧唐书·泥婆罗传》)；“白窝泥，所居上楼下屋，人住楼，牲畜楼下”(《伯麟图说》)；“獠俗深川穷谷，积木以居，名曰干阑”(《赤雅》)；“(夷)所居皆竹楼，人处其上，畜产居下，苫盖皆茅茨”。(《西南夷风土记》)。以上所引，均是对干阑建筑的描写，有的明指为干阑，有的称为栅居。“白窝泥”即哈尼族，现在还使用干阑。“竹楼”一词，也正和现代仍使用的“竹楼”一样，指的也是干阑，还有称为“高栏”(《蛮书》)、“阁楼”(《太平寰宇记》)和“葛栏”的。又如“汉越隽郡西境，名楼头賧，与土番接”(《元史地理志》)。越隽即今四川南境及云南丽江、宁蒗一带，为纳西族居住地区，“楼头賧”即纳西族。

与井干、干阑并存，云南某些兄弟民族，由于和汉族的文化交流，从古以来就使用土掌房和汉式建筑。

土掌房主要为彝族所用(图11-6-4)，它的特点是土墙承重，室内有木柱，以木楞构成平顶骨架，上铺柴草，抹草泥为平顶。元谋大墩子新石器时代房屋建筑遗址所见[12]，为矩形平面，四周立间距不等的较密木棍作支柱(室内无柱)，柱与柱横向无连系，大概是在纵向列柱上架檩，横向搁椽成单坡或平顶，纵柱间编细树枝或竹片作墙，墙表面抹泥(出土有编笆痕的墙泥块)，这种建筑，与中原殷商时代遗址所表现的情况是类似的。

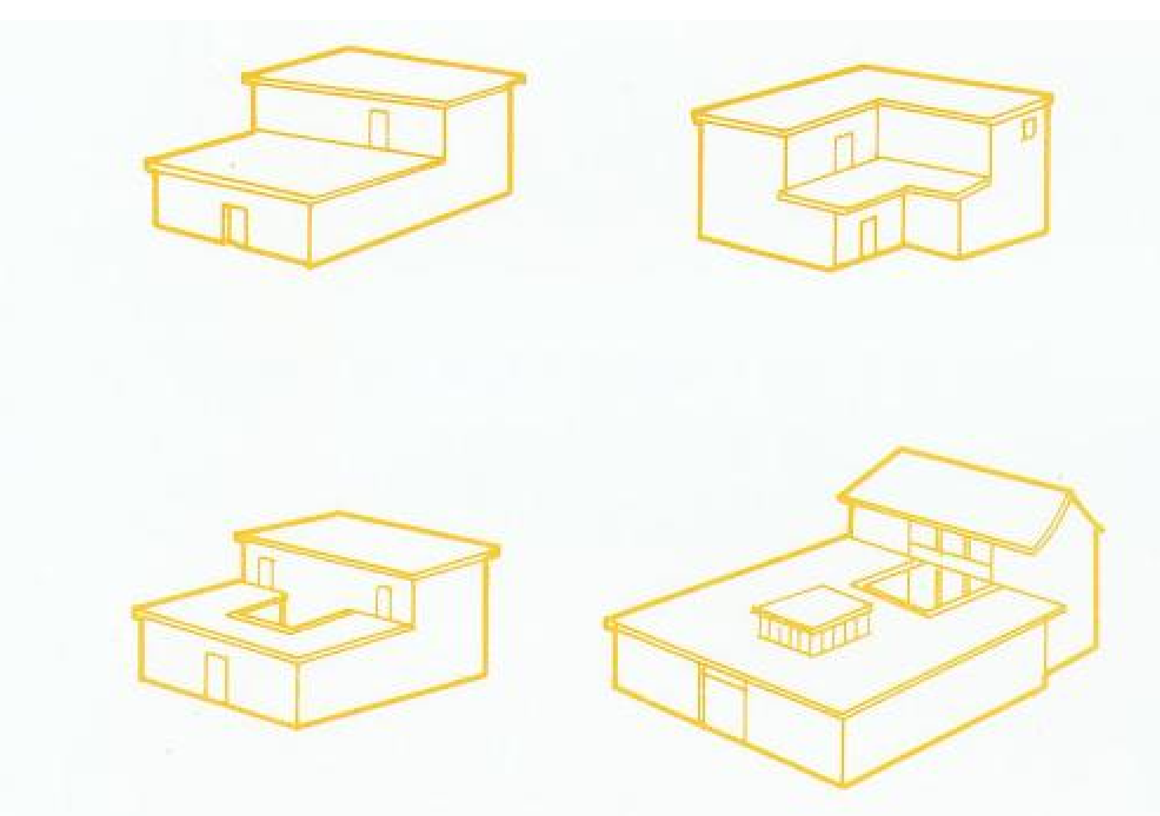


图11-6-4 土掌房类型示意

云南少数民族中采用汉式建筑的主要是白族。白族从相当于唐代的南诏时代形成，同时也就开始吸收先进的汉文化，通行汉文，并采用了汉式建筑。大理三塔建于公元825年(唐敬宗宝历元年)，耸立在洱海之滨，最高的佛塔高达58米，砖造。平面方形，单层密檐，一如唐代中原塔式。剑川石窟开凿于唐末，其中反映的建筑形象，有斗栱等也皆中原汉式。这些都是白族人民很早以来就建造汉式建筑的真实记录。在长远的年代中，白族人民也加进了自己的优秀创造，达到了较高的水平。除白族外，其他一些兄弟民族也程度不同地吸收了汉族建筑的技术和特点。

一 纳西族井干建筑

该省西北，奔腾的怒江、澜沧江和金沙江从高峻的高黎贡山、碧罗雪山、怒山和云岭之间的峡谷咆哮穿过，形成世界著名的横断山脉。横断山脉地势起伏很大，交通阻隔，运输不便。本区海拔较高，原始森林密布，木材丰富。这里居住的傈僳、纳西、怒、独龙等族，主要采用了井干式建筑，其中以纳西族井干建筑为典型。

井干又名“木楞房”，一般平面长方形；外墙和内墙均是由去皮圆木或砍成的方木叠成，木料长3—6米，小头直径约20厘米，若为单间，则每层楞木叉接成井字形。在各楞木两端交叉点上下两面都开高为全高四分之一的槽口，互相嵌固，故每层横向木楞与纵向木楞标高相差一个半径，也有两者同在一水平面的。这时纵楞为横楞各在相对的一面开全高二分之一的槽口，而另一面则无嵌固，不如前一种牢固。分间的井平房内墙与外墙出头相交，亦开槽口互相嵌固。

各楞上下相叠，在上楞底面所斫成通长的凹石，骑在下层圆木上面，既稳固，又可防止雨水流入，遇有缝隙，用泥涂塞，以防寒风渗入。

屋面为悬山顶，坡度平缓，檩上无椽，直接铺木片。当地有一种沙松，木纹端直，组织疏松，容易劈开。事先锯好约2米长的木段，用楔劈法解剖成1—2厘米厚，约2米长的木片。木片上顺纹自然会有一条条细长的小槽，顺纹按排水坡势自上而下铺在檩上，再压上石头即成。有的压上水平向的木条:木条与檩绑扎，亦可固定木瓦。每年冬天，木瓦必须要翻转一次，因为向下一面经室内烟熏火烤，已十分干燥，又可防虫蛀，所以上下两面每年轮换使用。据说这样的木瓦可使用四、五十年之久。

纳西族现仍广泛使用木瓦。清《沾益州志》记载说：滇东北，彝族以“茅草，板片，树皮为矮屋，中设火炊。”所指茅草、板片、树皮均是指屋顶上之覆盖。现在四川彝族仍多用木匠的。又《永北厅志》说：“伯夷小寨依山多用板房。”永北即今永胜，在滇西北。伯夷即百夷，是傣族的别称。现永胜地方的傣族也是住在木瓦的井干房屋中。此外，现在云南南部也有使用木瓦的。

为了保温，井干房不开窗，门洞也很小，高不到1米，下口高、上口低，故傈僳族形容他们的门是“能钻过去、不能跳过去”，门洞左右立两根圆木与左右墙的横木连接。

井干房的施工工具主要是砍刀和斧，也有锯和凿，但很少使用。

现存井干房有楼，上层住人，下层住畜牲，仍保留历史的传统；但也有一些为平房，仅仓房为楼。

在一些残存的母系氏族社会遗迹的部族中，如宁蒗县永宁纳西族摩梭人，有母系大家庭宅院。宅院一般是由四幢房屋组成的四合院[13]，正房座北朝南、单层，中心部分是主室、为井干式，居住女家长、老年妇女和儿童，主室周围外房，以木板为墙，作储藏、磨房及老年男子居住用，一座两层楼的“喀拉意”，亦以木板为墙，上层是经堂，也可居住本家庭中的喇嘛，楼下堆杂物。另有两座，皆二层，楼下畜牛、猪、鸡，楼上由敞廊通往一个个小间，小间内分别住年青妇女。居住部分是井干结构，敞廊部分是汉式。

井干建筑以纳西族的发展水平较高(图11-6-5)。

二 干阑建筑的一般情况

干阑建筑主要分布于本省西南部澜沧江和怒江下游一带，使用干阑的是傣、拉祜、佤、爱尼、景颇、布朗和崩龙民族。

(1)干阑建筑的概况

1)楼居：楼下层并不高，仅作畜养家畜和放置杂物用，不封闭或部分封闭。上层有墙，住人。楼居的目的主要是避虫兽。南方地区，野生动物甚多，有的为害人类，楼居较为安全；防潮湿：本区属亚热带气候，高湿多雨，相对湿度很大(达70%—80%)，又多雾，楼居避离地面利于通风散湿，较为干燥；避洪水：该地区雨量多，且集中于5—10月的雨季，住在江边坝区的居民。常遇到洪水，楼居也可以减少危险。利散热：气候炎热，又在室内设火塘炊事，故利于通风散湿的楼居还兼有散热排烟的功能；减少土方：山居民族如佤、景颇等，在坡地上建屋，干阑可不整平地面。此外，也便于对家庭主要财富牛猪等的看管。

2)建筑材料：此区植被繁茂，资源丰富，原始森林在西双版纳和德宏州都占全部面积三分之一以上，葱郁的竹林在德宏更是到处都是，为各族提供了取之不尽的建筑材料。

竹子可用于几乎一切的构件如柱梁檩椽以至楼面、墙笆，甚而楼梯、栏杆和其他生活用具和生产工具，此外构件绑扎也广泛使用竹篾。故德宏有谚语说：“吃竹，住竹，烧竹”。建筑也称作为“竹楼”。木材在西双版纳使用较多，用作主要结构构件，有的还用作楼板和板墙。

对于材料，有一定的要求，如竹，若用为划篾子，太老的竹子划不开且易折断，太嫩不牢实。一般刚“丢梢”的嫩竹，较为好用。习惯为“七竹八木”，即七月砍竹子，八月砍木材。竹地板是将圆竹砍裂展开即成，用时光面向上。篾片用处很多，如编墙、绑扎和铺在椽子上的“望片”均是竹篾，故景颇族有“一间房子三担篾”之说。篾片事先使其干燥，用时浸水泡软，便可经受弯曲扭转不致破裂。

八月砍木认为可防虫蛀，内地常用的松杉此地虽生长很多，因嫌虫蚁爱吃而不采用。常用的是臭椿、黑心树(学名铁力木)、毛栗及傣语“麦干令”树等硬杂木，既坚固又防虫、防腐；有的在使用前还特经污水浸泡，目的也是使木头具有气味以避虫害。对竹材也有如此处理的。

各族都喜用山茅草覆盖屋顶，认为比稻草经久耐用，丢荒数年的地里长出的山茅草更好，较为整齐纯净。

3)施工：兄弟民族的筑房，普遍保留了原始公社制度遗留下来的互助习惯，一家建房，除自备材料外，开工时，全寨各户都派劳力帮助，一般一天就可建成；不付工钱，主人只以酒相待。

各族均没有形成专业技术组织，多由老人指



图11-6-5 （1）云南永宁纳西族井干式民居平面图

1.主室；2.上室；3.下室；4.贮藏；5.走廊；6.经堂；7.喇嘛居室；8.对偶婚居室

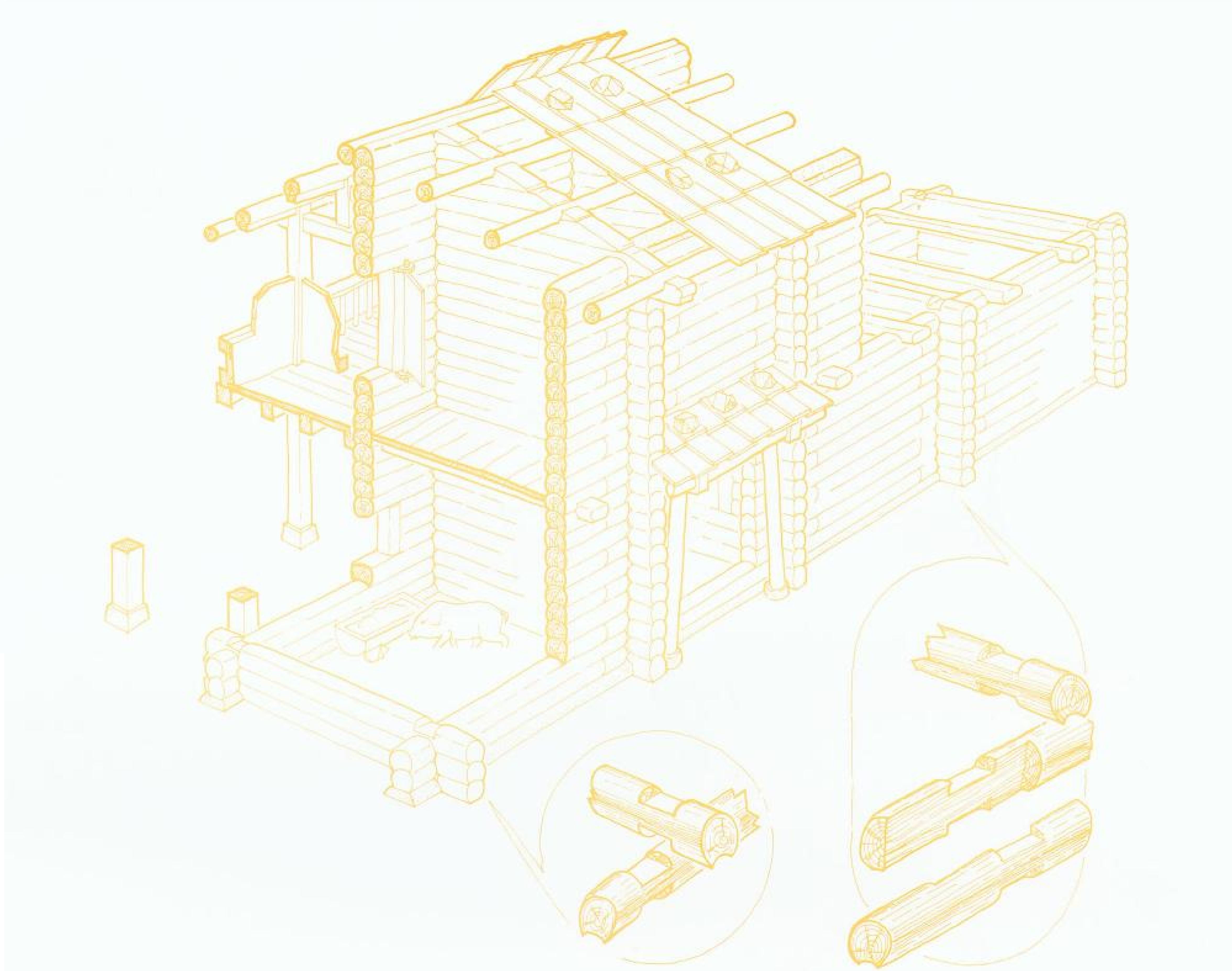


图11-6-5 （2）云南永宁纳西族井干式民居木构剖视

导；仅傣族有专业工匠，称为“赞很”（意为会造房子的人），施工时负指挥之责。由于没有专业化，所以建筑经验的积累和提高，就受到局限，至今掌握水平与垂直，仅凭眼睛观察。傣族则用土法：在基地中央置大锅一口盛水，四面拉线较正水平；立柱时，若四柱间所拉的对角线相等，则四柱的平面位置相成矩形，等等。掌握尺度，则以人体为准，如双手平伸为——“掰”，肘到手指尖为一“肘”等等。

工具极简单，仅用砍刀一把，进行砍、削、凿等工作，仅在开较小孔眼时才用凿子。傣族多用方木柱，不用锯，只以砍刀和斧斫造。没有严格的划线工作，榫卯不密合，卯眼开的很大，再用粗糙砍削的木楔打进眼孔，往往因房屋年久歪斜过甚而不能居住。

为统治阶级所用的建筑如傣族宣慰府和佛寺则有专业工匠，施工水平较高。

过去少数民族普遍信奉万物有灵的原始宗教，建房时都要进行各种宗教仪式，有许多禁忌迷信。但是有些也是含有一定科学道理的，如选地占卜以碗盛米再以瓮复之埋基地内，数天后取出若碗中米湿霉则不吉，这实际是对地基干燥程度的测试。又如忌在谷内山坳处建屋，实际是这些地方不通风，瘴雾迷漫，又易受山洪之害。这些都是人们对自然的认识的积累。又建房以后庆贺仪式，歌手们所唱的内容大都与建屋有关，起到了一些传授建筑知识的作用。

干阑建筑在不同的民族地区，还有各种不同特点，现仅就景颇、崩龙族为例介绍。

（2）几种类型的干阑

1）景颇族民居：景颇族居住于德宏傣族景颇族自治州的边沿五县，村寨建在气候属温带的山岳地带，村落户数不多，布置稀疏，房屋不开窗，无朝向要求，总平面布局也无一定格局，景颇族多为山居，房屋又颇纵长，顺纵轴方向沿等高线布置房屋。

民居分低楼、高楼（图11－6－6）两种，其典型形式是低楼式（图11－6－7），底层高60—100厘米，楼上檐墙也很底，高120—150厘米。由于檐墙低，出檐也很大，长面不便出入，故入口皆置于山面。楼上是居室，依纵轴分隔为左右二部。入门后是堂屋，平日起居待客在此，在堂屋的后山墙上又开一门，但虽设而常闭，称为“鬼门”，平时和外人禁止由此出入。另半部又横向分隔为几间，作卧室和厨房。室内无桌椅床柜之设，席地坐卧，故楼高很低。由于屋顶甚高，隔墙又不到顶，空间尚不觉低压。屋顶为悬山式，因多雨，屋坡达45°。它的正脊在两山特别伸出成为长脊短檐倒梯形顶，外伸的脊檩依靠外移的山面中柱支持，有的头人为炫示财富权势，将此柱选用特别粗大的木材并悬挂牛头。所有以上特点都与滇文化青铜器所示完全一样，当不是偶然巧合。它们的意图都是为保护山墙面不受雨淋，同时也说明了景颇族干阑建筑与滇文化之间的密切关系。

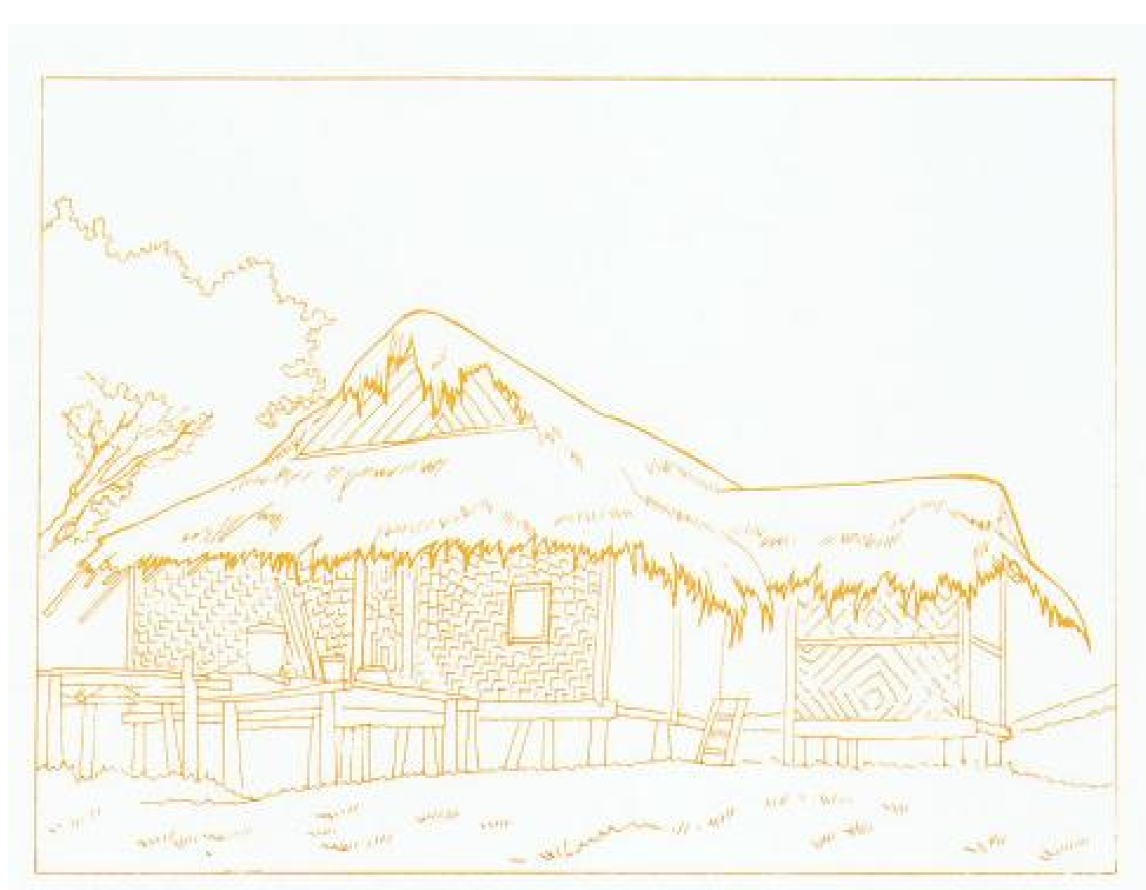


图11-6-6 云南瑞丽景颇族高楼式竹楼

景颇干阑是纵向列柱式结构体系，即用三列木或竹的纵柱上架脊檩檐檩组成三个承重架子，没有横向梁架，故结构上横向并不要求柱子成行（只是由于横隔墙的架设构造要求，横向才基本上也是对位的）。柱子栽入地内，不用础石。

檐檩和脊檩间架竹椽，铺“朗片”、草顶。为加强竹椽面的纵向联系，在椽下绑扎几根纵向连杆，位置似檩而并不承重，少数跨度较大的房屋，为使椽子不致受弯而下垂，在中柱上加左右斜撑撑住连杆，此时连杆受力，也就成为檩子了。也有用一个水平横撑撑住两端各一根纵向但并不通长的水平杆，此杆绑在椽下，同样是为了减少椽子的挠度，但其数量位置不定，并经常与中柱并不在一个水平面内，虽为横向构件，却还没有发展成为横梁。

内墙用展开的圆竹作成，直放，两面用竹杆夹紧绑扎在柱上即成，外墙则向外倾斜增加室内面积，而且随外墙增加斜柱顶住檐头亦可以加大出檐，这种倾斜的外墙在傣族的干阑也可见到，与祥云大波那古滇文化铜器也相同，说明了古今干阑建筑之间的因袭关系。

低楼式底层不用而增建前廊，位于入口前，作畜圈、存放之用。高楼式底层高160—180厘米，可作畜圈，但不作前廊。

景颇干阑可代表比较早期的干阑建筑情况。

2）崩龙族民居：崩龙族人数甚少，居住分散于德宏州潞西县及其附近的镇康县。崩龙使用的干阑与周围民族的无大区别。但崩龙族至近代还

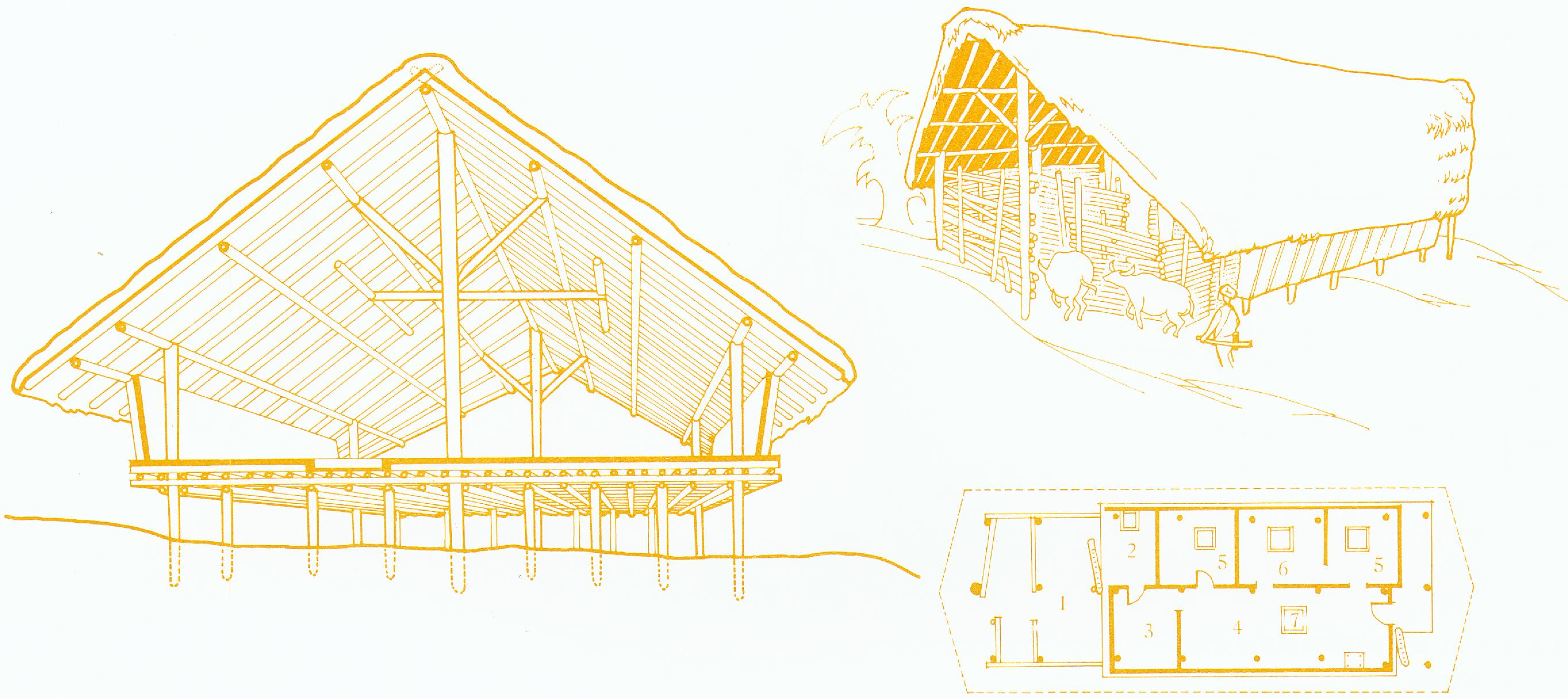


图11-6-7　云南景颇族民居（低楼式）示意图

1.牛厩；2.鸡笼；3.贮藏；4.客房；5.卧室；6.厨房；7.火塘

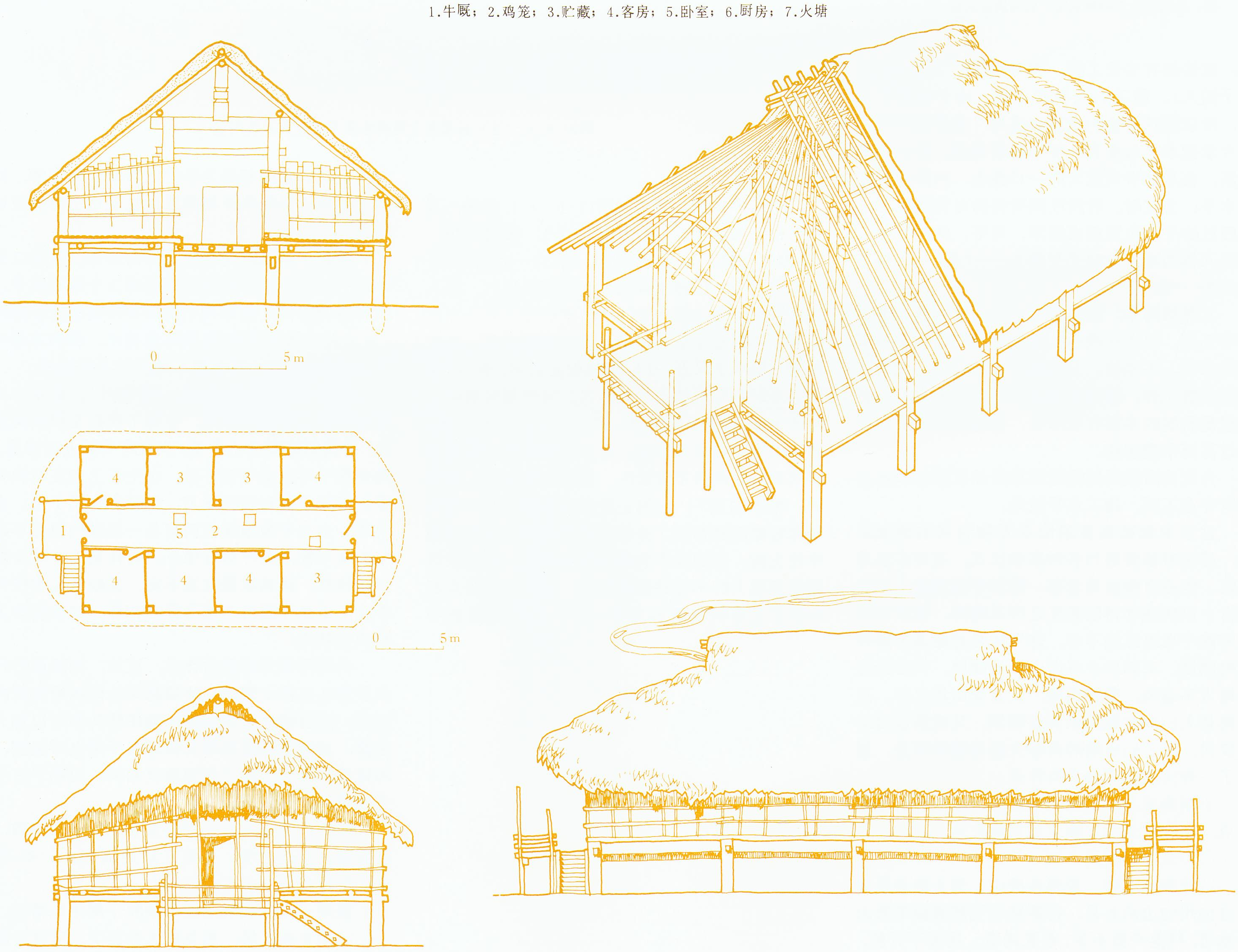


图11-6-8　云南镇康县崩龙族民居“大房子”

1.晒台；2.走廊；3.客房；4.卧室；5.火塘

保留有一种家庭公社制残余的大房子住宅，居住着有同一血缘关系的几个家庭，可住二三十人，有时长达40—50米，宽达15—16米，面积600—700平方米。这样的大房子的建筑布局和结构有自己的特点。

现就镇康县某宅介绍如下(图11-6-8)：该宅由四排纵向列柱组成柱网，纵向四间，横向三间。由于居住的人较多，故出入口有两个，设在两端山墙的正中，两门之间通以较宽的中间走廊，走廊西侧楼面比走廊高起十几厘米，以竹篾笆作纵横隔墙分出小间。小间内居住一个个小家庭，各小家庭都有自己的独立经济生活，设单独火塘。但小家庭与大家庭之间仍有相当程度的共同经济，未完全脱离家庭公社的巢臼。

内柱已有简单梁架，由柱、梁、随梁枋和梁上的脊瓜柱组成，皆木制有简单套榫，而檐柱仍只具纵向联系，所以，这种横向结构还是很不完全的；可认为是由纵向列柱式结构体系向横向梁架式结构体系过渡的形态。

檩、椽皆竹，上绑"朗片"，覆草顶。

屋顶形式类似歇山，山面屋檐，呈中部向上的凸弧形，平面上则是椭圆形的，是比较特殊的地方。它的优点是有利山面的出入和出口外晒台的使用。

这种家庭公社残余的大房子，除崩龙族外，拉祜族也有部分使用。

三 傣族建筑

(1)傣族的干阑式住房：傣族分傣泐、傣那两支系，前者居西双版纳傣族自治州和德宏傣族景颇族自治州的瑞丽，后者居于德宏州的潞西一带。傣泐建筑保留了本民族的鲜明特点，通行干阑式；傣那接受汉族经济文化的影响较著，多居土木结构的平房。本节仅介绍傣泐干阑。

傣泐居住地都在江河沿岸平坝和山间小盆地，属亚热带及热带气候，炎热潮湿，终年无霜雪，雨量充沛并集中于雨季。

绝大多数村寨都有佛寺一座，村寨住户密集，各户为占地20—30米见方的小院落，以矮竹篱为院围，院内居中建干阑一座，空地为菜园和果树，环境优美。

西双版纳傣族为小家庭制，人口不多，住房建筑面积不大，典型平面大约是10×10米的方形，底层高1.80—2.5米，为圈畜、置米碓、粮囤之处；楼上居人，由前廊、晒架、堂屋和卧室组成。傣族的前廊是日常生活家庭纺丝的地方，沿边设靠背坐凳栏杆，最富生活气息，为每家不可或缺（图11-6-9）。

晒架作为曝晒衣物及盥洗之用。室内，分隔为堂屋和卧室，由前廊直接进入堂屋。有火塘，卧室向堂屋开门，按长幼顺序，分帐住宿，无床。

整座房屋构架用木料，有穿榫。歇山顶正脊只占当中三间，四围柱则高至屋檐。屋面陡峻，达45—50°，铺草或小瓦，小瓦平板带尾钩，如鱼鳞状双层铺叠。楼面用竹排成木板（图11-6-10）。

楼层四周围护墙也用竹排或木板（图11-6-11），开小窗。墙面向外倾斜，墙面附着于斜短柱；短柱也就是出挑深远的屋檐作支承用的斜撑。为了扩大底层的使用面积，常常在底层的一侧或多侧加有下檐，另设矮柱支承。这样，就形成重檐。

火塘的支架或用立于地面的独立柱支承，不附于楼面。

整座建筑全部深笼于树木浓荫之下，很好地解决了防晒问题。屋坡陡，除利于排水外，也利于通风降低室温。

总的来说，功能和结构已考虑得较为细致，但施工仍不够精审，榫卯全靠木楔固结，易歪斜走动。

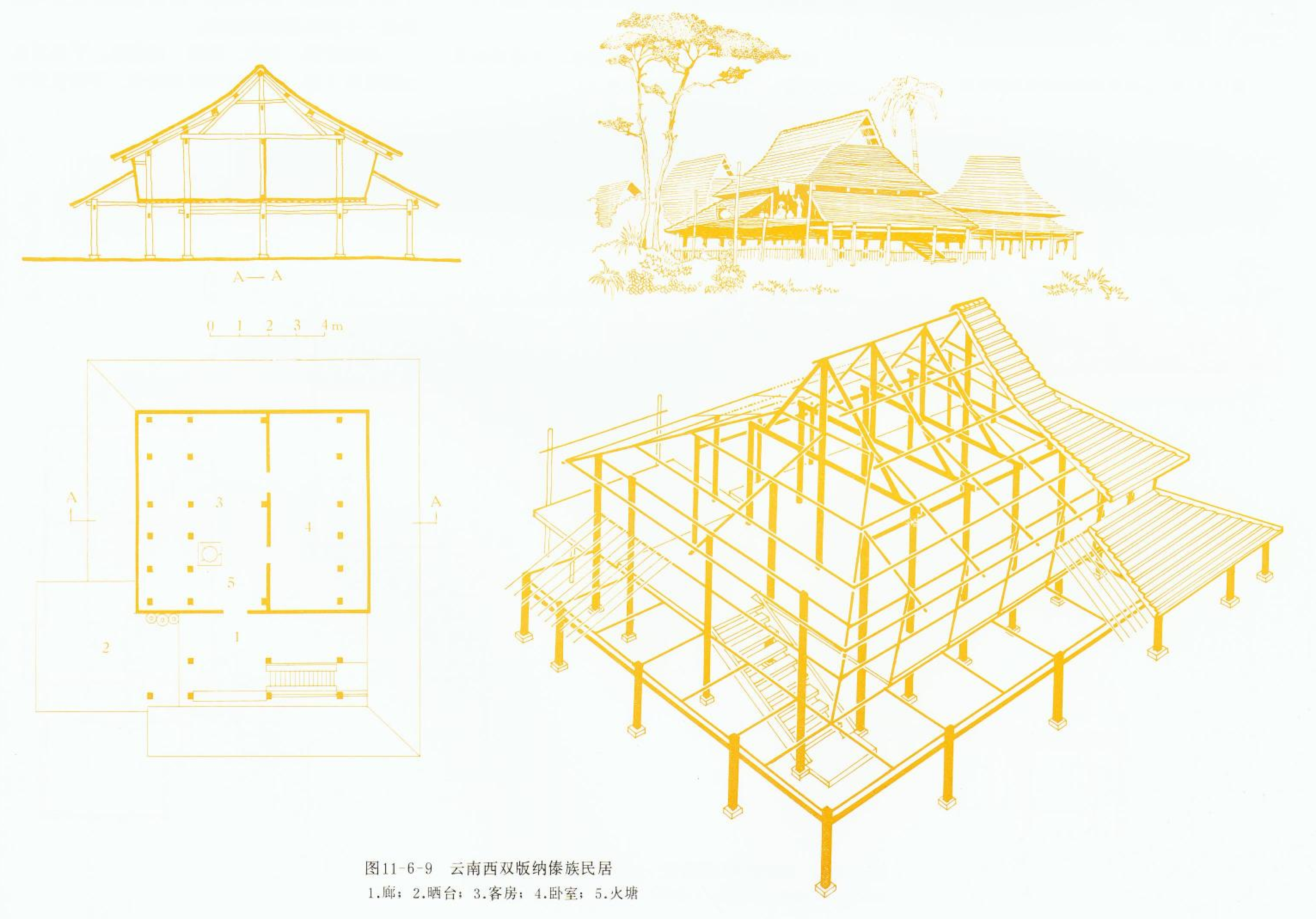


图11-6-9 云南西双版纳傣族民居

1.廊；2.晒台；3.客房；4.卧室；5.火塘

封建领主的等级制对劳动人民的民居强行规定了许多限制，如木柱不许用础，必须直接埋入土内，这在潮湿多雨地区对防腐是特别不利的。

瑞丽傣泐民居与西双版纳的又有许多不同。瑞丽傣泐宅院为浓竹围绕，一片青翠，是本地区傣家村寨的环境特点。

民居为南北纵长方形。由近南端的楼梯上至前廊，前廊又南通晒台，位于整座建筑的最南端。室内的传统布局皆横向分隔，由前廊往北首先进入堂屋，再往北隔成东西二部，东为卧室、西置一梯，下至整座建筑最北端的平房内，此平房作厨房用，由厨房往南通楼下，作畜圈。这样布置，晒台可充分利用阳光，堂屋能前后通风。若左右开窗，通风效果更好。卧室在东北部，可避西晒，又专设厨房免得在堂屋内炊事，使用要求在平面设计上考虑得更为周详（图11-6-12）。



图11-6-10 云南西双版纳傣族民居屋架

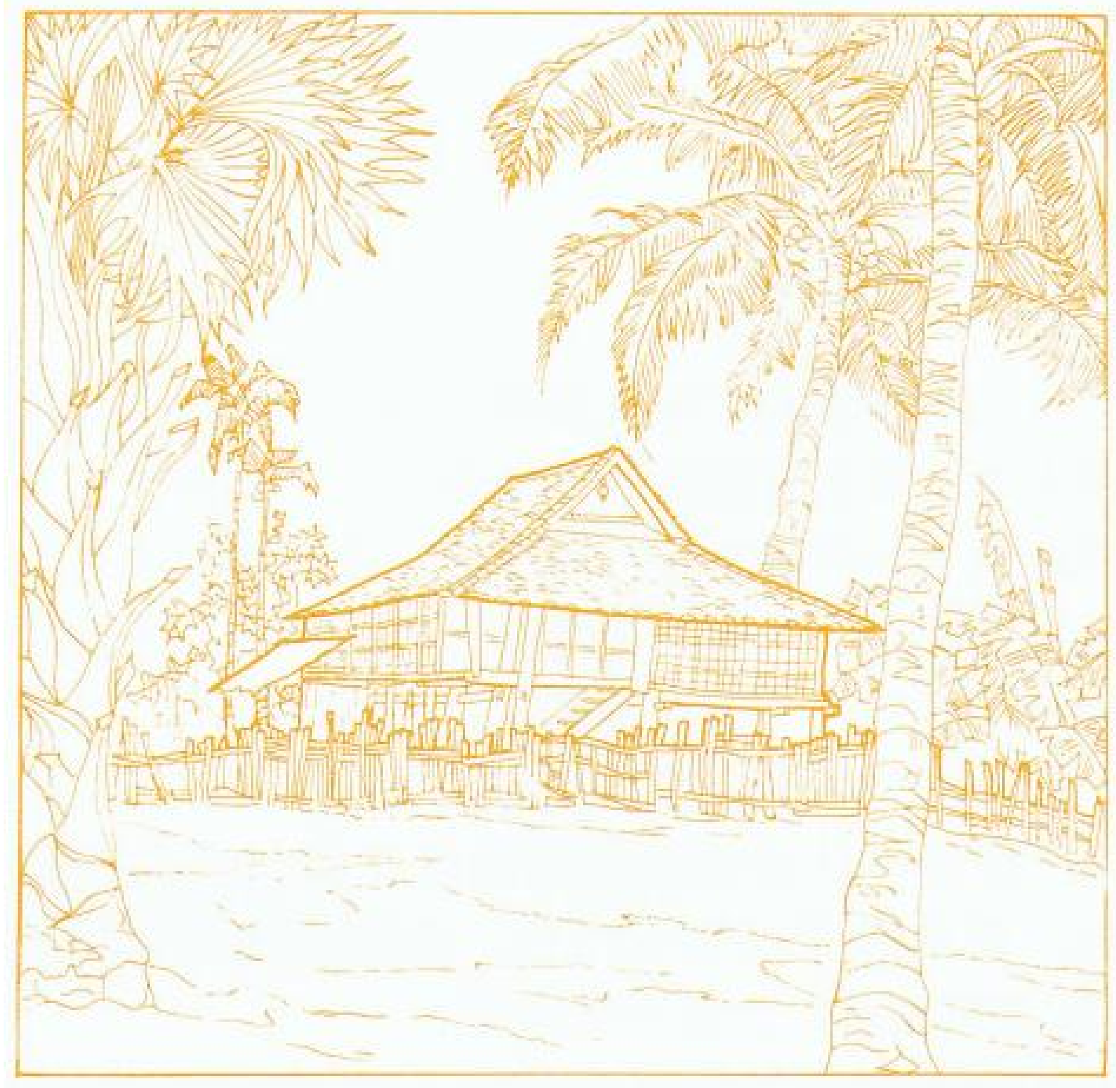


图11-6-11 云南西双版纳傣族民居外景

本区广泛使用竹材，所有构件无一不用竹、节点除竹榫外，都用篾条绑扎。

结构是完整的横向梁架体系，整座长方形干阑由几排横向梁架组成。经常采用的几种梁架形式，其结构与汉式建筑没有什么差别（图11-6-13）。

屋顶为歇山式草顶，正脊较长，平房部分悬山式草顶，当作独立建筑处理。

楼层较西双版纳的稍高，檐柱约2米，所以往往在堂屋东西墙开竹制扯窗。墙面的竹席利用了竹篾正反两面的色泽不同，巧妙地编织成各种图案。下层有的也有竹席墙，编织较粗，上层较细，朴素自然。

瑞丽傣泐民居平面合理，结构完整，制作也较细致，而且利用材质作一定的艺术处理，总的技术水平是较高的。但由于竹材本身不耐久，常须维修更换。

（2）宣慰府：西双版纳傣族从前保存有较完整的封建领主经济，一切土地归最高土司“召片领”所有。元代起，召片领为中央政权封为“宣慰”，统治中心在景洪附近宣慰街，在此建有宣慰府（傣语“和海姆”）。

宣慰府临澜沧江，由四幢主要建筑组成，皆座东向西，现已毁（图11-6-14）。

正中一幢是前殿，早毁，原状不明，前殿后正中建宣慰寝殿，寝殿左右稍前又对称地建二殿为宣慰长子、次子所分居。

宣慰寝殿为平面长方的大型干阑式建筑。楼层南北面阔15间，约40米，东西进深5间约20米，室内南北端各置一梯，男女分梯登楼。楼上设有巨大鼓架、铺木地板。

结构以占两间进深的矩形梁架为中心，在此左右又各接出一间半屋架，向西即殿身正面又再接出一小间半屋架为前廊。

歇山瓦顶、大跨、陡坡、低檐柱，下层又另立檐柱承下檐，显得屋顶特别庞大。下檐仅设于

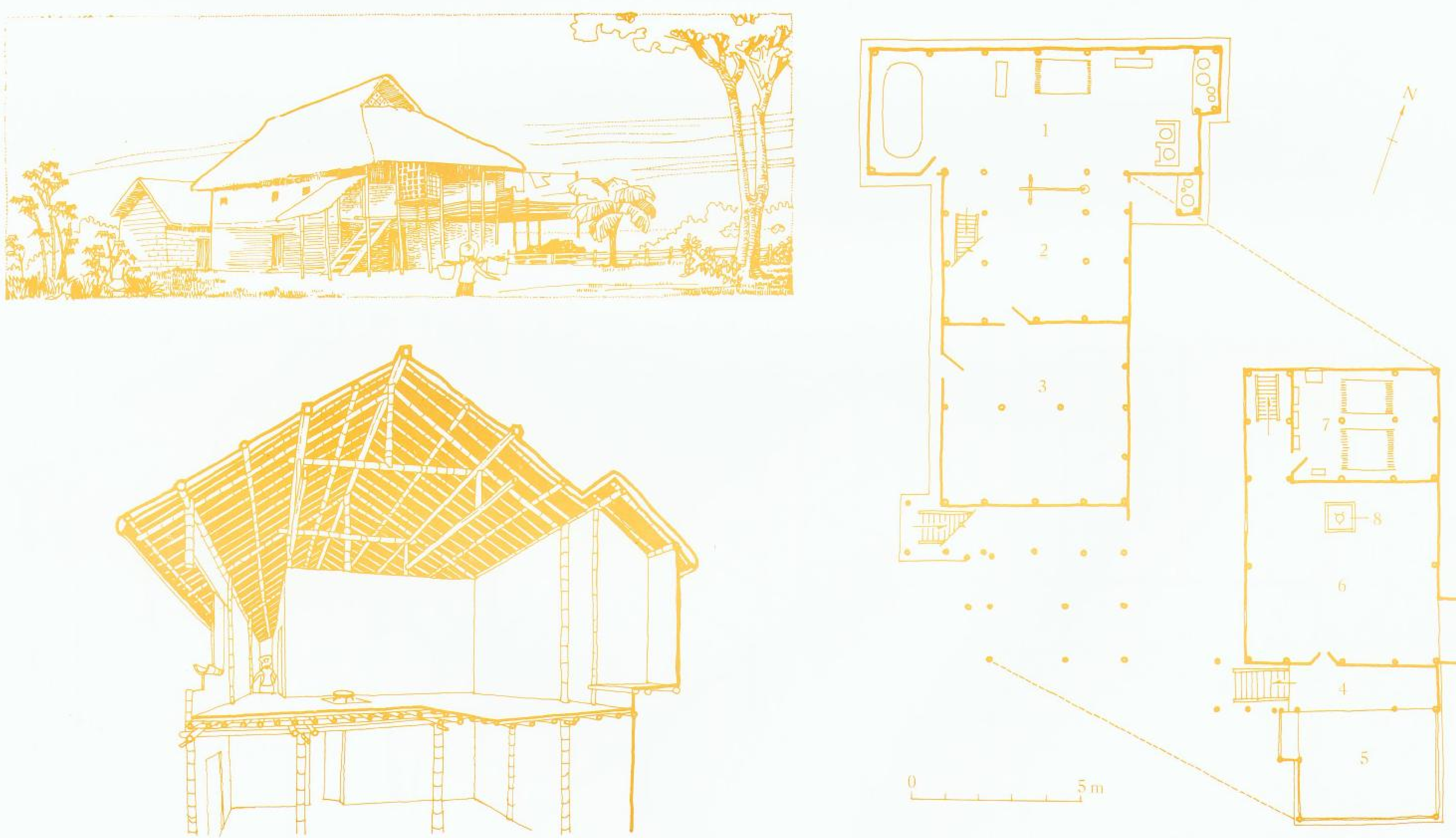


图11-6-12 云南瑞丽傣泐民居

1.厨房；2.储藏；3.牛厩；4.敞廊；5.晒台；6.客房；7.卧室；8.火塘

殿后及两山后半段，其余敞开。楼上由前廊正中向西与前殿架空廊道相接。

宣慰之子居住之殿较小，楼上面阔九间，进深三间，约20×9米，其余作法与宣慰寝殿略同，唯廊为方形。

各殿楼下皆通敞，有米碓粮囤，大圈畜。

(3)傣族佛寺及塔：傣族信奉小乘佛教已有千余年的历史。小乘佛教规定每个男子在成年前都必须到寺院里出家一次，履行一个时期的僧侣生活；又规定，居民必须供应僧侣的衣、食、修造寺、塔、佛像，贡奉经书，乃至僧徒喝茶等等费用，成为劳动人民的沉重负担。

由于宗教和世俗社会的关系密切，每一村寨皆设立佛寺，在宣慰所在地和每一版纳的中心还建有更高等级的佛寺。村寨越富足，佛寺等级越高，佛寺的规模和建筑质量也就更大更好。

现存佛寺，可能以曼广的为最早（1597年建），其余大多都有一、二百年以上的历史。

一般佛寺由主要建筑佛殿、经堂和僧房等组成，各寺原均有塔，总平面布局以主要建筑（佛殿）为中心。寺院多居高地或要街，从很远就能看到。佛塔及其它建筑围绕佛殿左右或后部建造，无固定格局。

佛殿，纵向布局，多取东西向。佛象面东，入口在东端山面，由寺门到佛殿入口之间的通道上常复廊屋，以避雨淋日晒。

结构为沿纵向布置的一系列横向梁架约6—8檩，除端部各一檩有中柱外，余均省去中柱，梁架举折陡峻，为悬山屋顶。在这中心构架的四周又加一周外柱，即檐柱。檐柱与内柱之间连以单坡屋架。中心的悬山顶和四周的单坡顶形成一

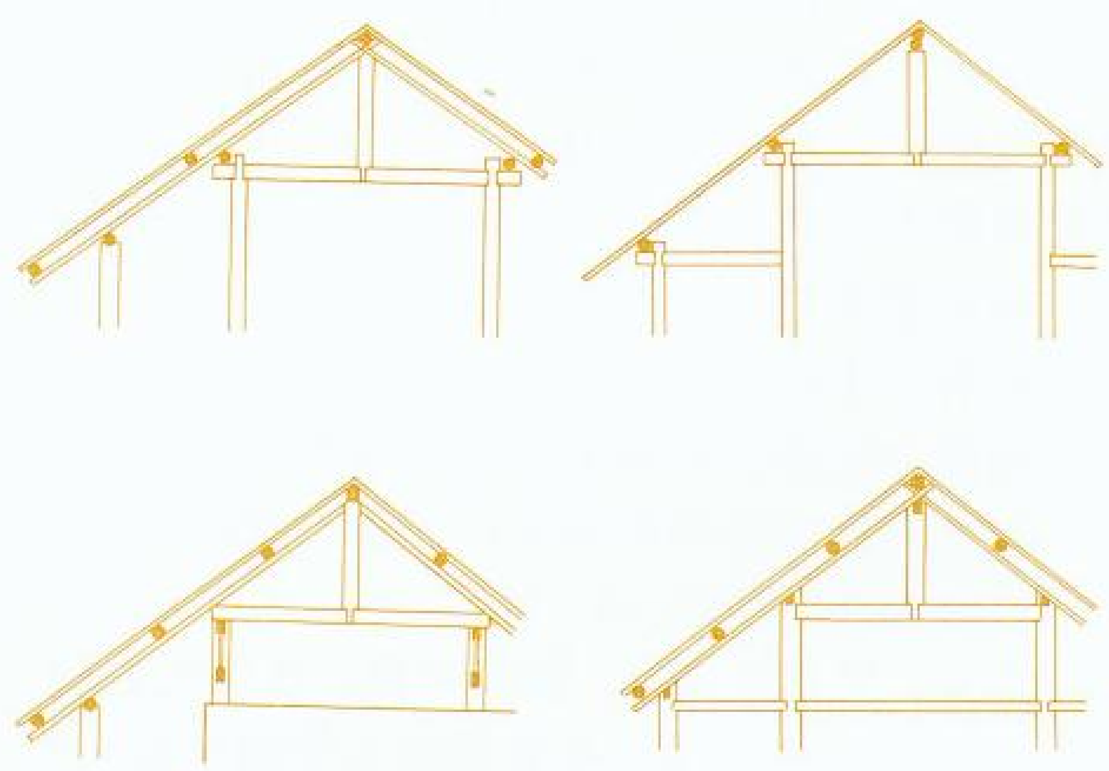


图11-6-13 云南瑞丽傣族民居屋架形式示意图

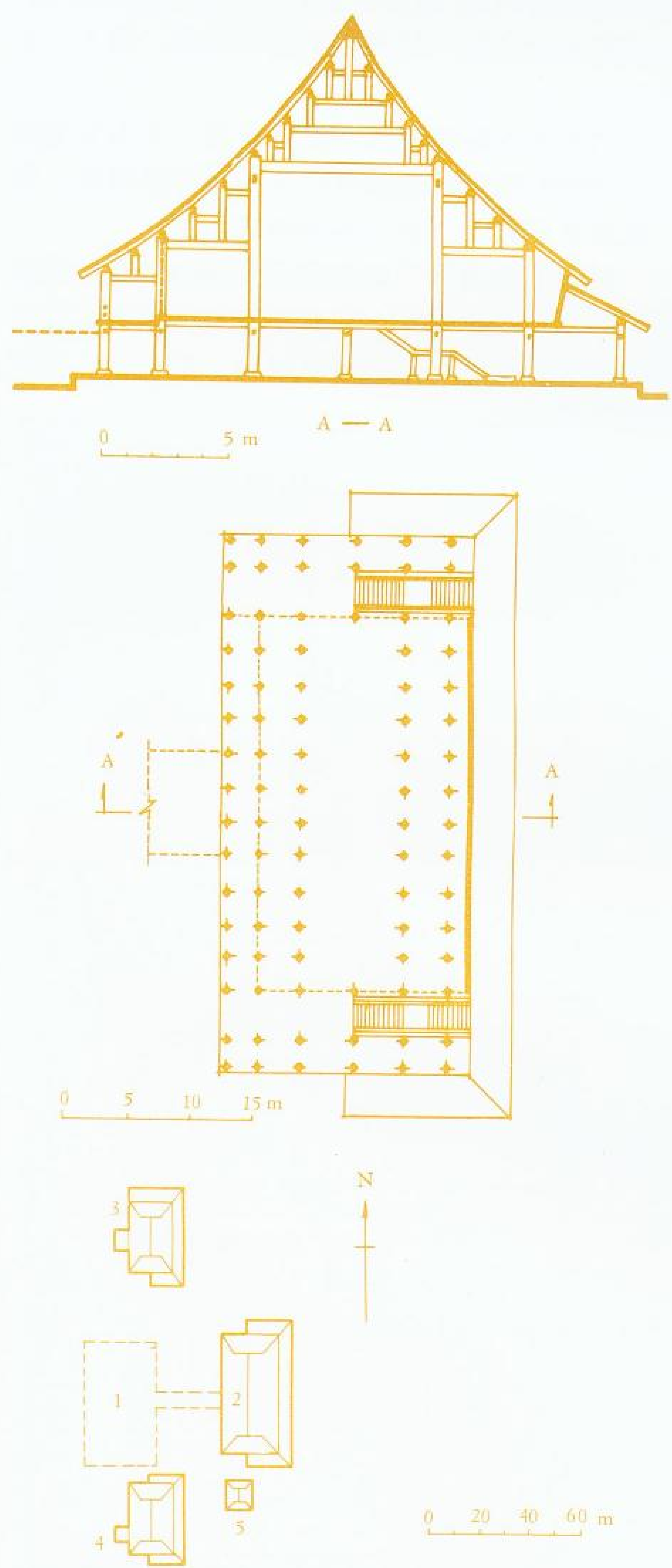


图11-6-14 云南西双版纳宣慰府
1.前殿（早废）；2.宣慰寝殿；3.宣慰长子住宅；4.宣慰次子住宅；5.厨房

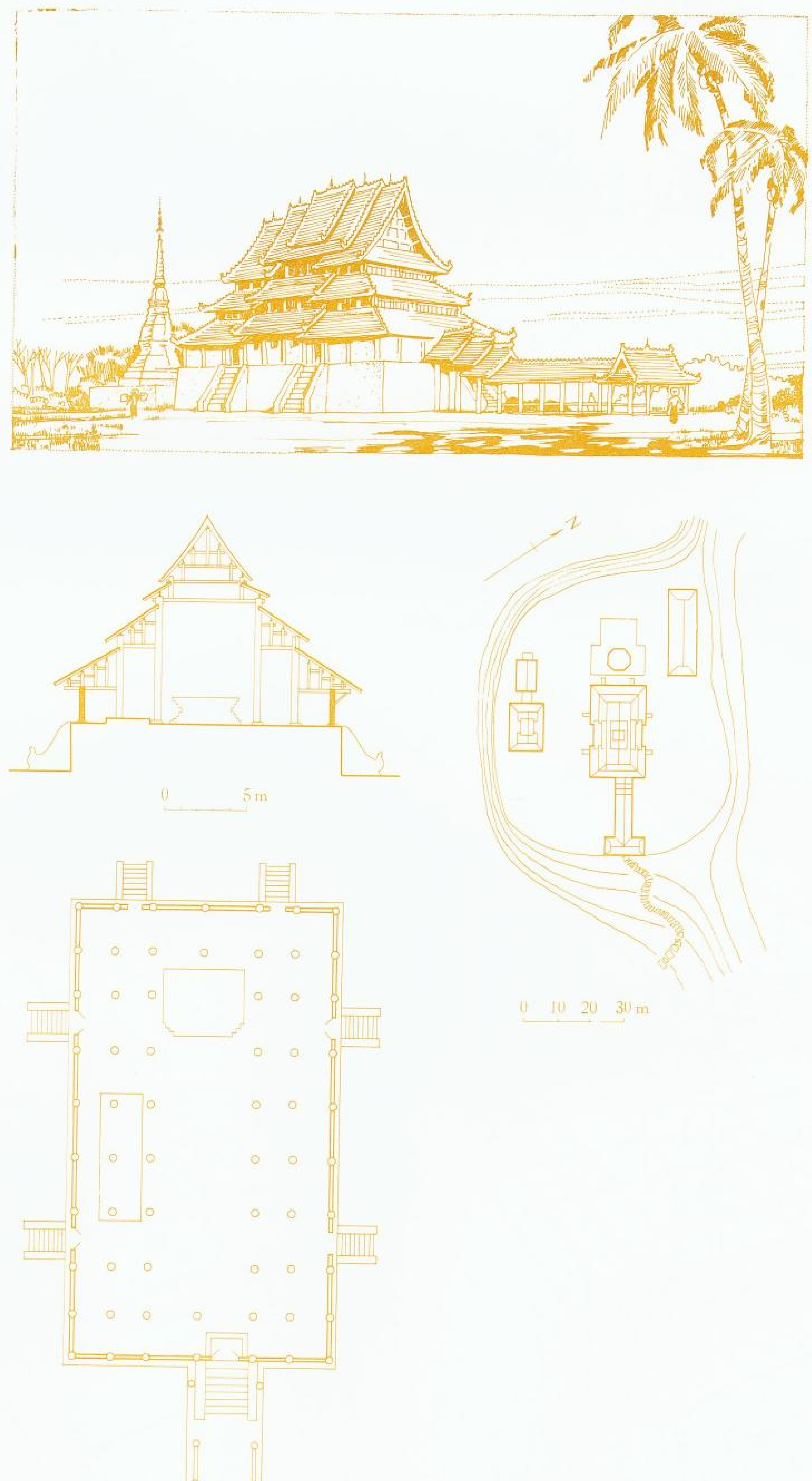


图11-6-15 （1）云南西双版纳宣慰街洼笼佛寺示意图

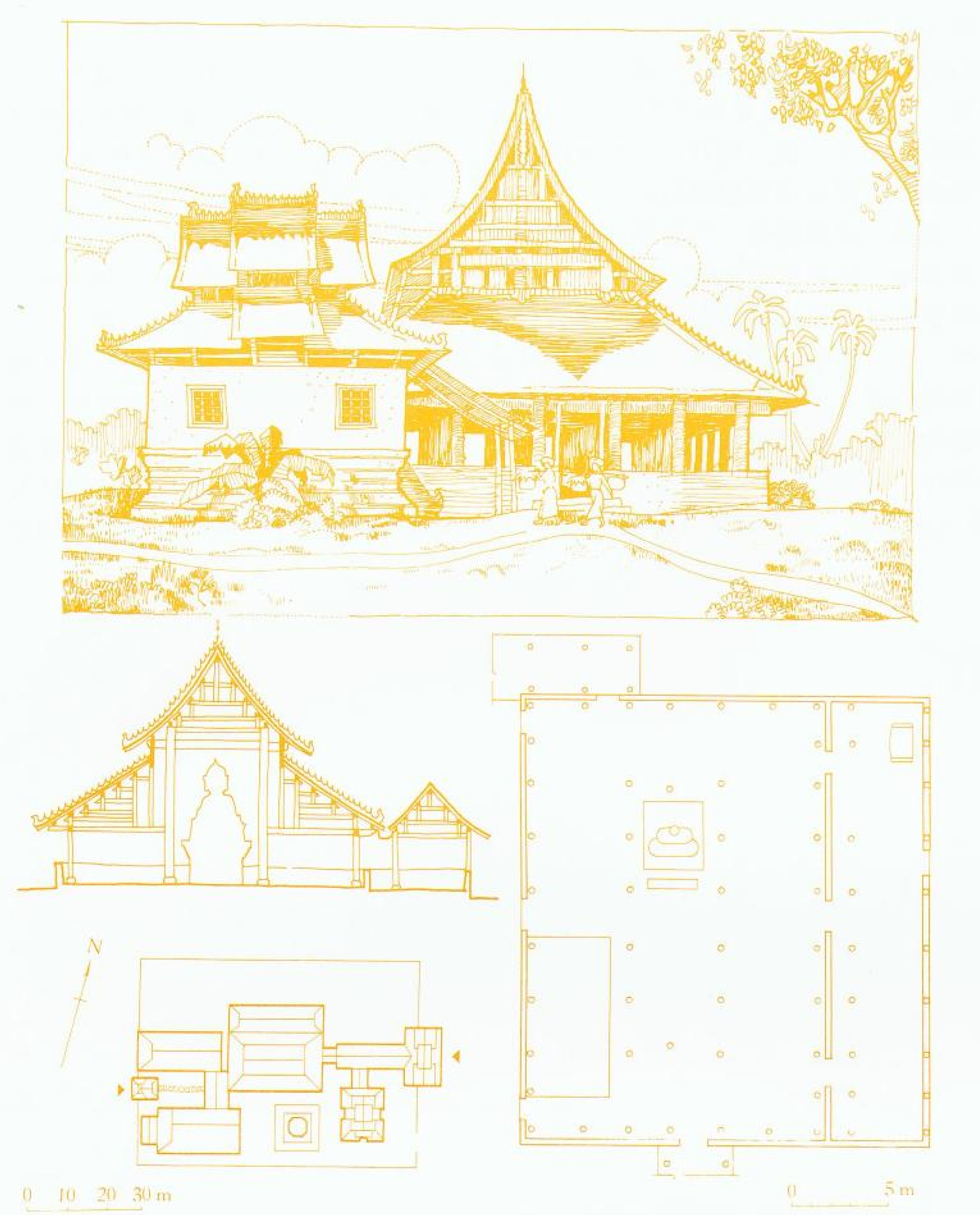


图11-6-15 （2）云南西双版纳橄榄坝曼苏曼寺示意图

座歇山式屋顶。傣族佛殿建筑最突出的特点是它的屋顶处理。采用了以下的一些手法：（1）沿屋脊方向由中部向两端作数段跌落，使上部悬山顶在纵向分为三至五段。（2）屋面上下也分成两段，上段悬山跌落，下段为四坡。（3）山花面的三角形颇大，此处再加一重横檐，用斜撑挑。（4）少数规模更大的大殿，如宣慰街的"洼笼"，再加重檐柱，屋顶为重檐。（5）沿正脊，垂脊和戗脊布置火焰状、塔状和孔雀状的杏黄色玻璃瓦饰，使轮廓更加丰富。

所有以上的处理方法，并没有给结构增加更多的负荷和复杂，只是依靠柱子和檩条位置的高度不同这种异常简单的办法，实现了造型上的丰富多采的变化（图11-6-15）。

此外，屋顶皆用桷，檐端平直，至角无起翘、斜出，桷上钉挂瓦条，挂双层陶土带釉平瓦，作间绿黄色，闪闪发光。室内，柱、梁、檩表面有彩画，少数在内墙粉刷表面也有。这些彩画仅用红、金二色，其作法是先在材料表面漆黑漆，次刷暗红色漆作底，再复贴事先用纸剪刻好的图案，刷调胶水的金粉，刷后将纸揭下即成，称为"金水"。

僧房室内粉壁或佛寺檐下粉墙上常有彩色图画。佛殿四围用砖砌矮墙，下有须弥座线脚，殿内地面平整光洁，因入殿须赤脚。

经堂也是佛寺中比较着重处理的建筑，供藏贝叶经之用，体型小，有外墙，且一定有高起的须弥座承托以避潮湿。屋顶也同大殿一样，甚至华丽更有过之。

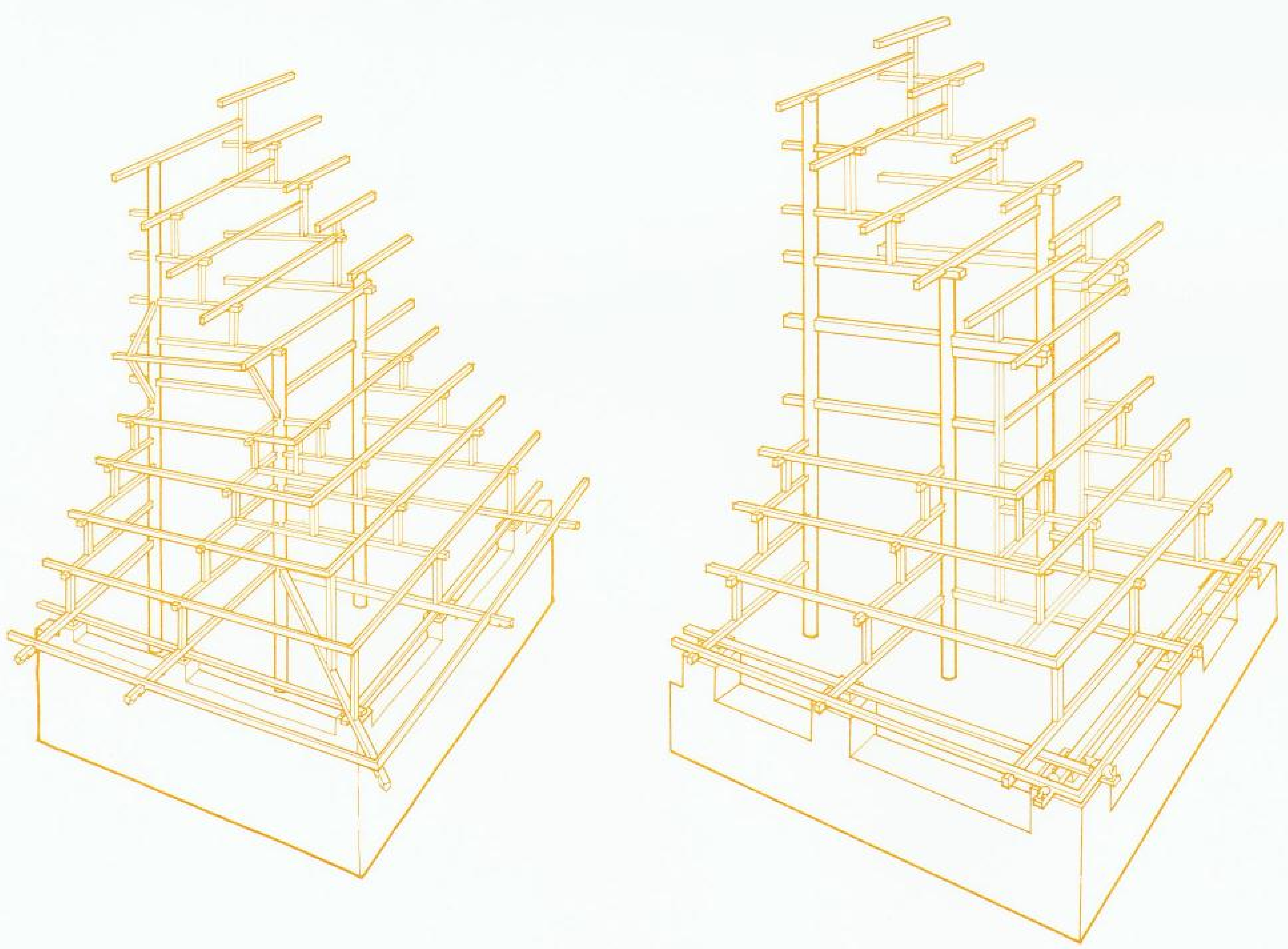


图11-6-15 （3）傣族佛寺大殿结构示意图



图11-6-16 云南西双版纳橄榄坝曼苏曼寺之塔

僧房居住亦有干阑式建筑，但多为平房。

佛寺中还建塔，或在殿前，或在殿侧，或在殿后，无固定位置的规定。橄榄坝曼听佛寺，塔位于佛殿长向面的正前方中轴线上。大殿内的佛像也移居大殿平面正中，面向塔，是一个特殊的例子。

有的塔并不设在寺内，而在寨中别处，有的更离开村寨，孤立地建立在视野开阔的小山顶上，人们从很远就可望见。



图11-6-17　（1）云南西双版纳大勐笼“塔诺”（群塔）示意图



图11-6-18　云南瑞丽姐勒村大金塔

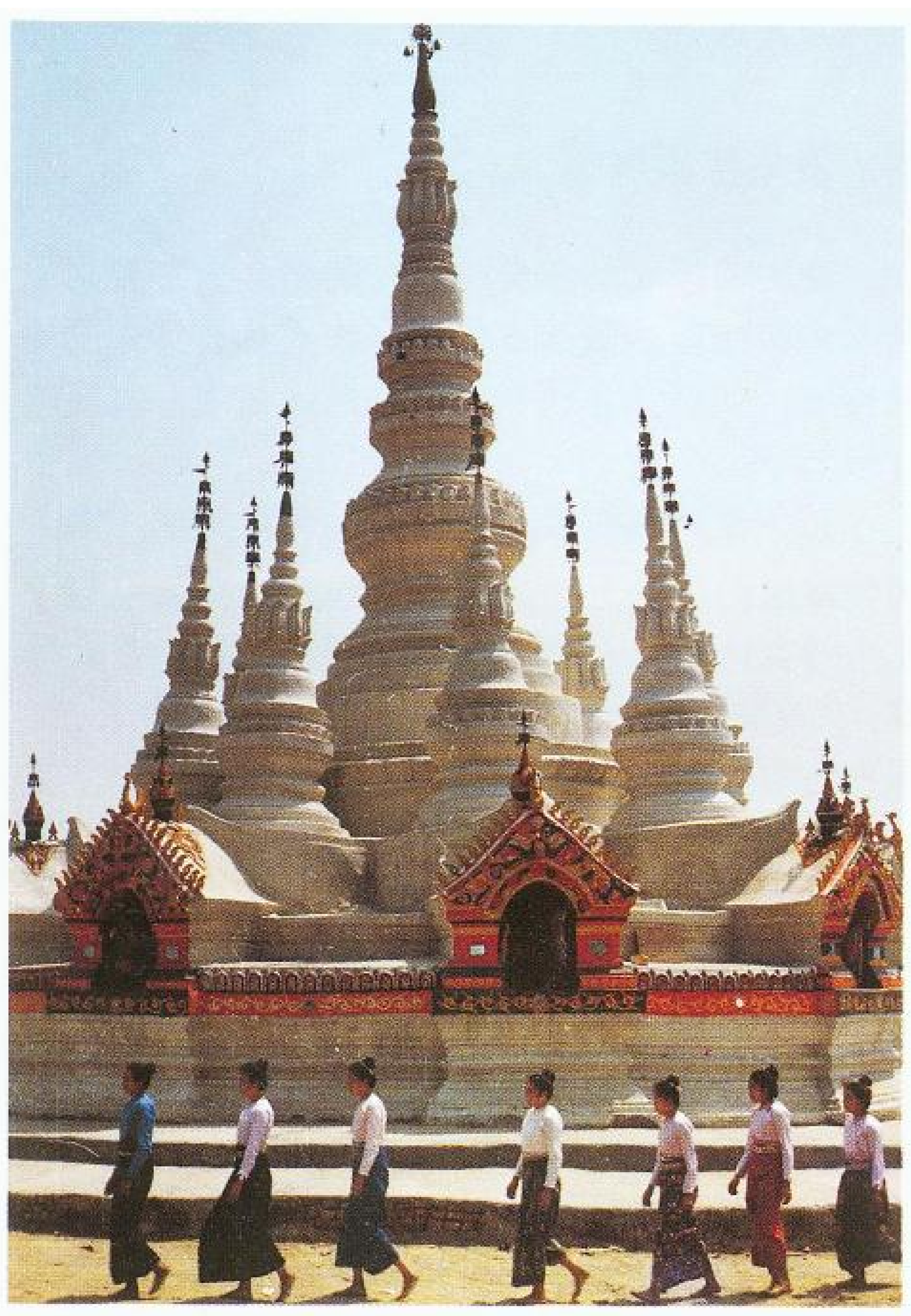


图11-6-17　（2）云南西双版纳大勐笼“塔诺”（群塔）外观

塔皆是舍利塔，塔基内筑有小室，塔为砖砌实心，以石灰砂浆砌筑和抹面，其质量都相当好，灌填坚实、造型准确、轮廓挺秀，具有很高的施工技术和艺术水平。



图11-6-19　云南西双版纳勐海景真八角亭

塔的形制与缅甸、泰国属同一系统，其典型实例如：橄榄坝曼苏曼寺塔(图11-6-16)，为单塔，在大殿左侧、经堂之后。由基台、基座、塔身和塔顶四部分组成，总高约13米。基台两层，下层是很低的正方形素平台，上层是正方形须弥座，座上四角各塑蹲兽一座，台四面各有上部为花蕾状的小圆柱。基座由四层逐层内收的素平叠涩组成，下层平面八角，上三层都是折角亚字平面，塔身由三层逐层收小减低的须弥座叠成，平面亦折角亚字；塔顶似倒置喇叭形，上承仰莲和花蕾，再上为塔刹串珠，刹杆下有金属相轮。整体外廓秀丽挺拔。

大勐笼塔诺(图11-6-17)，为群塔，位于曼菲龙寨后紧依小山顶上，小山高约100余米，遍植橡胶树。在林荫深处的山顶辟出不大的平地建塔。高13余米。

基台由两层素平圆台组成，基座颇特殊，分上下两段。下段是一个圆形平面的须弥座，上段是向八个方向作出的八个两坡顶小龛。龛内壁粘贴很多经烧制雕塑的小千佛，涂彩，龛中心另有坐佛。基座上的群塔由八个小塔环绕一个中心大塔组成，小塔其上为尖耸的塔刹。九塔均为圆形

平面，大塔本身基坐由三个须弥座叠成、九塔风格统一，八个小塔与下面的八个小龛轴线对位，在二者之间作出船首过渡，交待得十分巧妙自然。

整体造形玲珑丰富、装饰性很强，诸塔拥立，如雨后春笋，傣族人民名之“塔诺”。“诺”在傣语中说是竹、笋的意思，实在是很贴切的比喻。

群塔型的塔最多者为瑞丽姐勒村大金塔，是由三种大小形制不同的十六座小塔拥立一个金色大塔组成（图11-6-18）。

勐海景真的“务苏”（讲经处），是一座美丽的八角多檐建筑。它可以看作是傣族建筑造型艺术的典型，但构造很简朴巧妙（图11-6-19）。

四　白族汉式建筑

白族在唐代就曾建立南诏国，白语属彝语支系，白族在唐代已进入封建社会。

白族很早建造汉式建筑，同时也加进了自己的创造。现仅就白族建筑的创造性特点，作一简单的介绍。

洱海地区气候温和，农业发达，但多大风，风向常为西或西南，也多地震，自886—1925年，就发生过大地震26次之多，所以居民对建筑防风防震是很重视的。

建筑使用木结构梁柱承重体系，夯土或土墼墙围护，屋顶硬山，用苫背泥浆坐瓦。一般都是两层楼，但仅楼下居住，楼上贮藏。

总平面布局以“坊”为单位，所谓“坊”，就是一幢三开间的两层房屋。由坊组成院落，院落的基本形式是“三坊-照壁”即以三坊组成一个三合院，另一边筑院墙，院门开在院落的一隅，实际上和云南汉族通用的“一颗印”式相似（图11-6-20）。强调正房向东，即使在城市里，甚至不惜背对大街坚持东向。形成上述习惯有它的自然条件的原因。因白族村落都在点苍山东麓，面对洱海，不取四合院式，有利于减少倾斜基地平整场地的土方，充分利用狭窄的地形，同时又多西风，所以大理民谚有“风吹不进屋”之说，西傍山麓，自然以东向为好。白族建筑由于注重抗震防风，比起云南其他地区汉族建筑来说，施工质量要更加考究一些，某些地方还保留了唐宋的一些合理的传统作法。例如：侧脚。柱子在面阔方向每尺高内收一分（即“见尺收分”），当地将侧脚

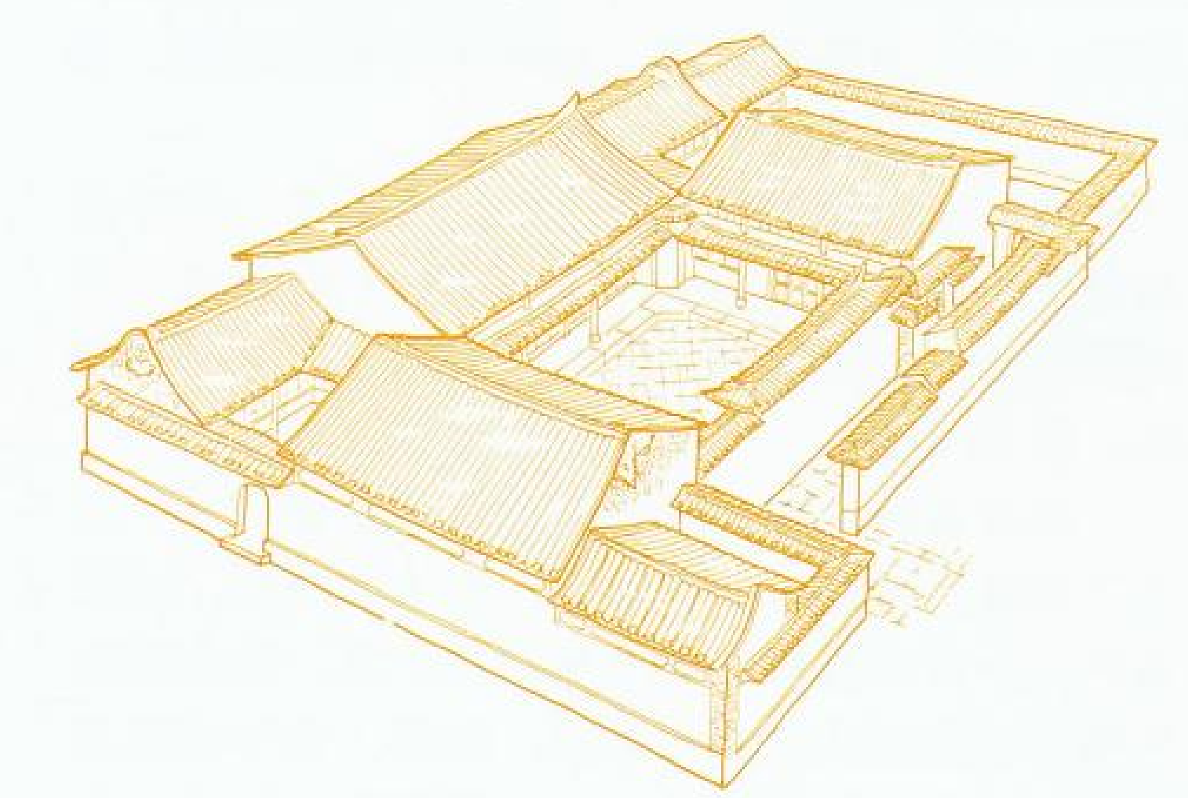


图11-6-20　云南大理白族宅院鸟瞰

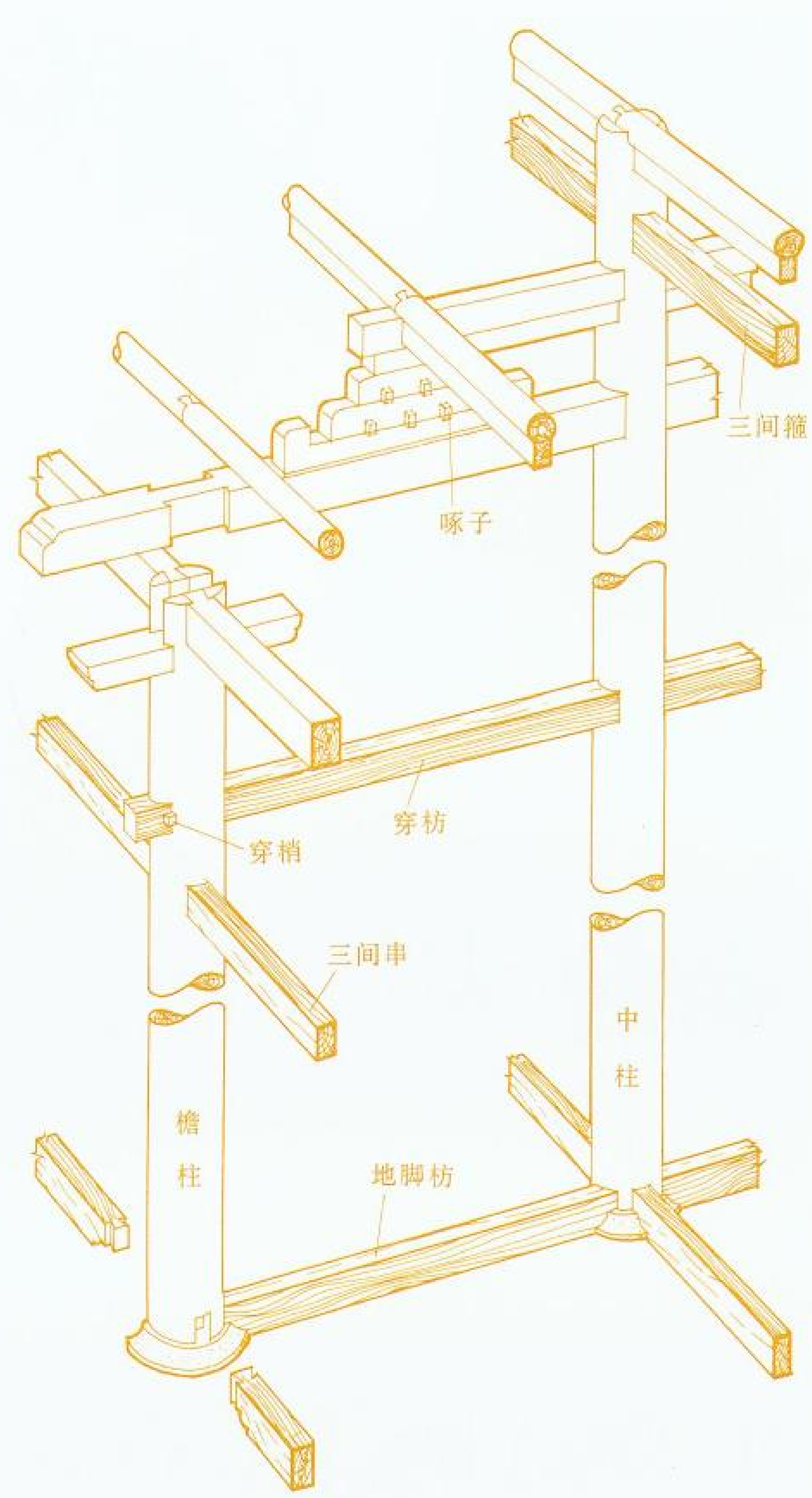


图11-6-21　云南大理白族木构架抗震构造图



图11-6-22　云南大理白族建筑天花和墙面装饰

作法称为“收分”。在进深方向每尺内收八厘，这种作法在其他地区已不采用，而大理至今通行，与宋《营造法式》规定的“侧脚之制”完全相符。白族匠师把立柱喻为板凳的四条腿，又喻为一座塔，必须下大上小，这样才能抗震御风。

生起。当地将柱子的生起称作“起水”，《营造法式》也规定了生起的制度，谓“三间生高二寸”。白族的“起水”则为三寸，所以又称“加三”，比《营造法式》还有超过，屋脊曲线更加显著。

各层梁下皆不用明清通行的瓜柱，而用类似唐宋常见的驼峰以求稳固。

注意整座构架连接的整体性，如额枋与柱的连接、檩条与檩条的连接皆用燕尾榫；大梁梁头都嵌固在柱头内；驼峰的各层木块之间加暗木梢（称“啄子”）等等。此外，有些建筑还采用所谓“串枋”。按其位置串枋又分“三间箍”、“三间串”和“穿枋”三种，用意是把各个柱头不论纵向和横向都紧密地联系起来。这三种串枋都是一根很长的整木作成，要求很直，尺寸很准，否则穿不过去，或是穿过去而孔卯太松，不起联系作用。同时在柱脚还有地脚枋（即地栿），地脚枋不用整长木料，但与柱脚的结合也用燕尾榫，在立柱时就同时装好。串枋和地脚枋的共同作用，使构架达到了很高的整体性（图11-6-21）。

白族爱好造型艺术，大理三塔和剑川石窑已经显露了他们的艺术才能。现在遗留的明清建筑，装饰手法很多，如彩画、木雕、石刻、泥塑、镶嵌、铺地等等，都给人以突出的印象。

彩画：不仅施于室内，也施于室外；不仅施于木材，也施于抹灰墙面。山墙就是匠师们精心绘饰之处，在朝向院内的走廊墙面，用薄砖砌出各式框档，中心镶嵌有名的点苍山大理石，框内其余部位也施彩画；在天花上，用木支条和薄板作出复斗凸和框档，同时也作彩画（图11-6-22）。

木雕除用在梁头、花牙、雀替外，门窗裙板隔扇更是精雕细刻的地方，有的匠师可以在一块薄板上雕出四层图形，即在第一层图形的漏空气处雕，第二层，如此顺序雕出第三、第四层（第一层人物，次云霞，再次葡萄纹，最后以卐字纹作地等）。所用的刀具有四十几种，确是一种值得重视的高超技术。

白族建筑在云南各少数民族中达到了较高水平。白族匠师在云南享有很高的声誉，尤其以剑川最为著名。

附　贵州苗族建筑

我国苗族居住在贵州省的最多，而主要聚居区又在黔东南。苗族木构建筑技术具有悠久的历史传统，建筑具有代表性的是民间住宅。现简略介绍如下：

苗族聚居点叫寨子，由许多住户组成，多为同性聚居，历史上苗族寨子的选址，大致有以下几个特点：一是多踞于山坡险要或隐蔽之处建寨，具有防御性；二是寨子多处在荒山石岩之上，不占良田；三是常靠近良田和流水附近，以取其近田傍水的便利；四是避开山洪或滑坡之地，注意寨址选在地基稳固和安全的地方，长期实践的结果形成了高坡寨、山腰寨和山脚寨三大类型。寨子中住宅的布局是顺应自然地形的条件而变化的，有平行等高线布置的；也有垂直等高线布置的，既注意争取好朝向，又重视面向开阔，一般以“坐坡朝河”。的为多。

由于苗族住宅多地处山坡，建筑群的组合形成了多种拼接方式：有成对房屋组成院落（图11-6-23）；单开间拼联，单幢住宅间用楼梯联成一

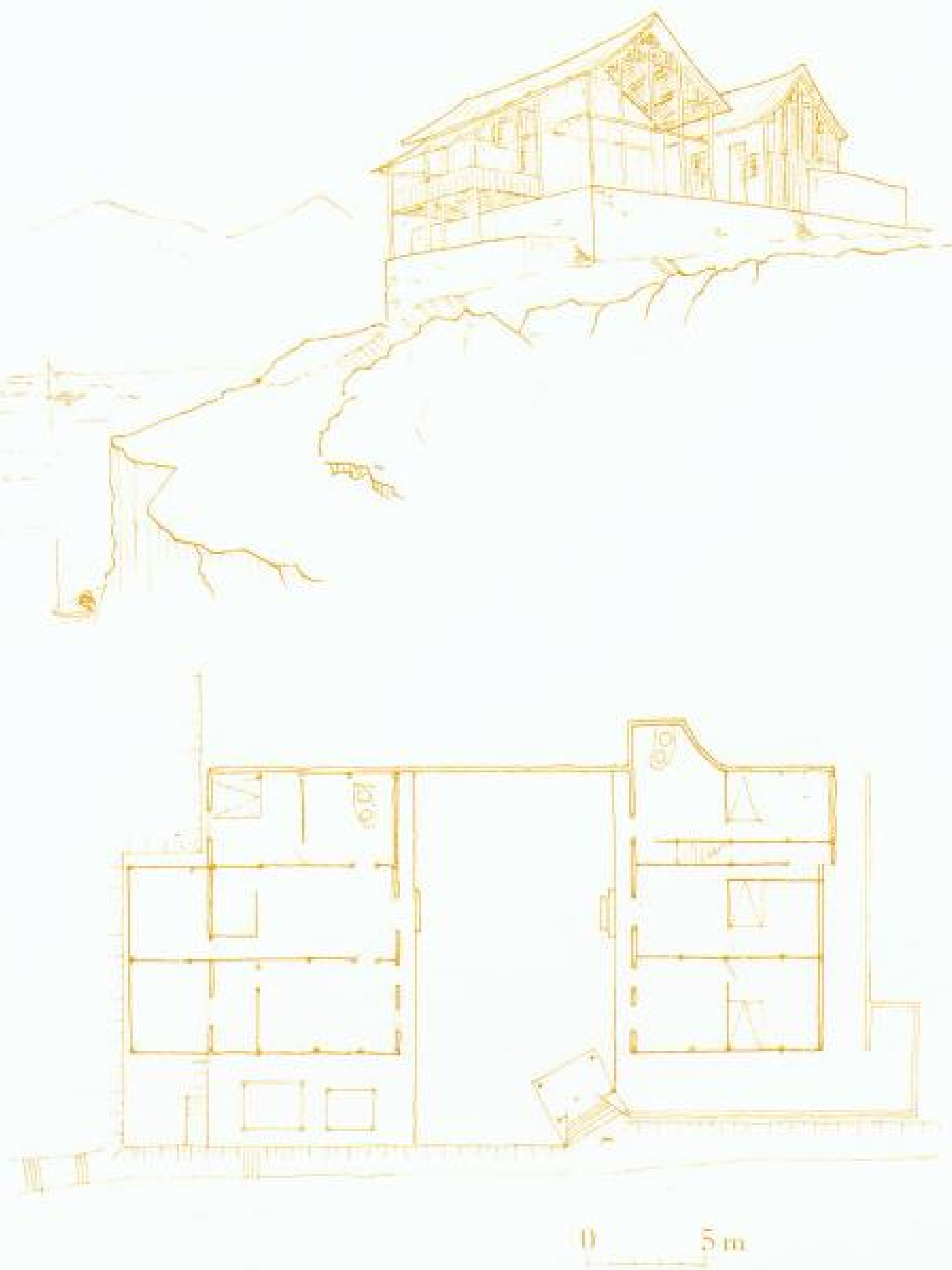


图11-6-23 台江某宅平面及外观

排(图11-6-24)；各宅平列顺应等高线曲折地势布置(图11-6-25)；组成三合院或四合院式住宅(图11-6-26)；此外，苗族住宅与侗族建筑在梁架及外观形式等方面有类似的特点（图11-6-27)，而多层屋檐则为侗族建筑突出的形式（图11-6-28)。苗族单体住宅，平面以开间为单元，横向展开，有单开间、双开间、三开间以及四、五开间之分，其中三开间为较普遍的平面类型，外观别具一格(图11-6-29)。又如距今已有百余年历史的住宅为三开间、二层加阁楼，以堂屋为中心，卧室不大，具有苗族住宅的独特风格（图11-6-30)。苗族住宅平面尺寸：中间开间3.6—4米；两边3.3—3.6米；进深变化较大，一般为5—8.3米，以7—7.5米的居多。木柱排架间距1.6—3.3米，柱网布置从三柱式到七柱式，五柱式较普遍（图11-6-31)。住宅按楼层划分，底屋不住人，作畜舍、杂物、厕所、农具贮藏，有的全部敞开(图11-6-32)。阁楼层主要作贮藏用。住宅组成房间有堂屋。多设有火塘，位置在中间开间，正面墙上设有神龛；卧室：老人房在堂屋之后，堂屋左右为夫妻，子女室，夫妻室居于前，子女室居于后；火塘间：作取暖用，大多



图11-6-26 雷山排山寨四合院式住宅外观透视

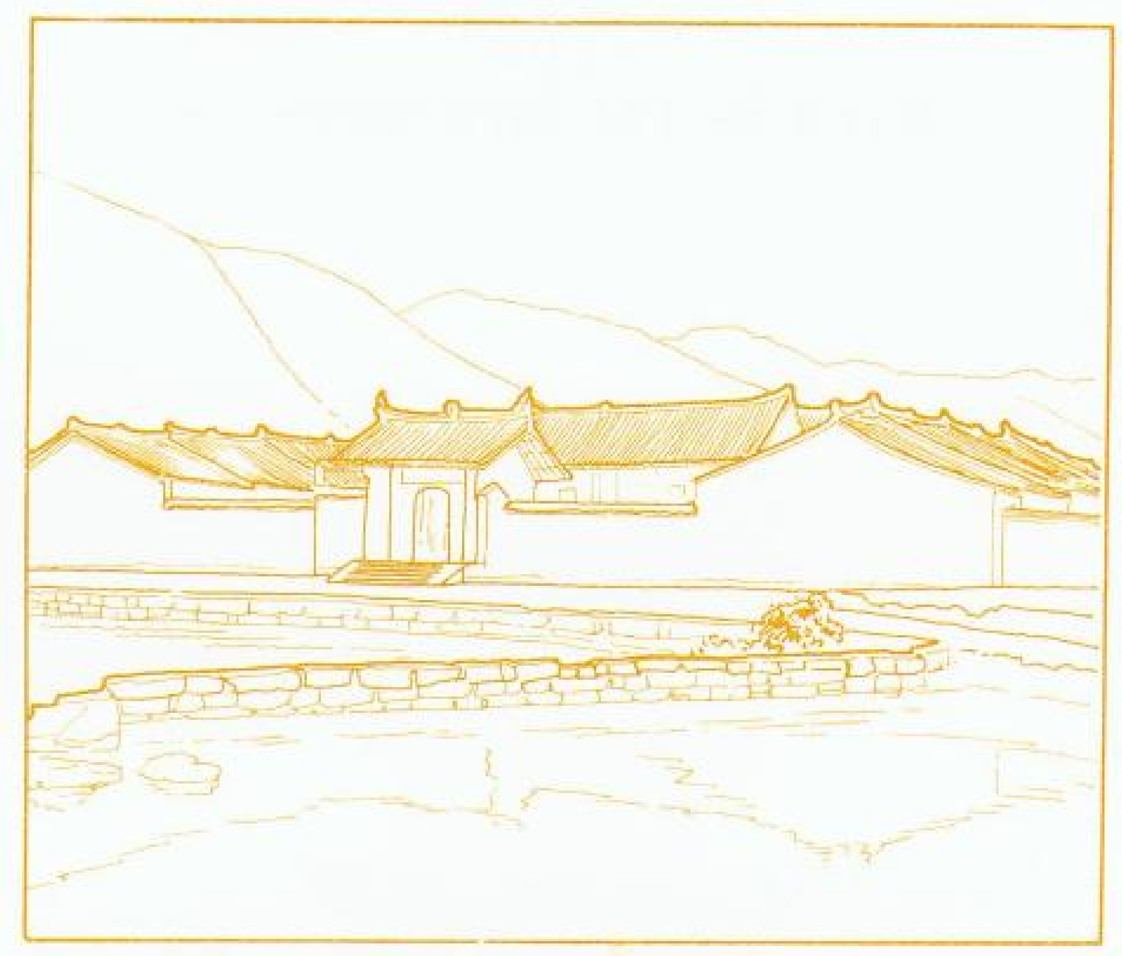


图11-6-27 （1）榕江县寨子住宅外景

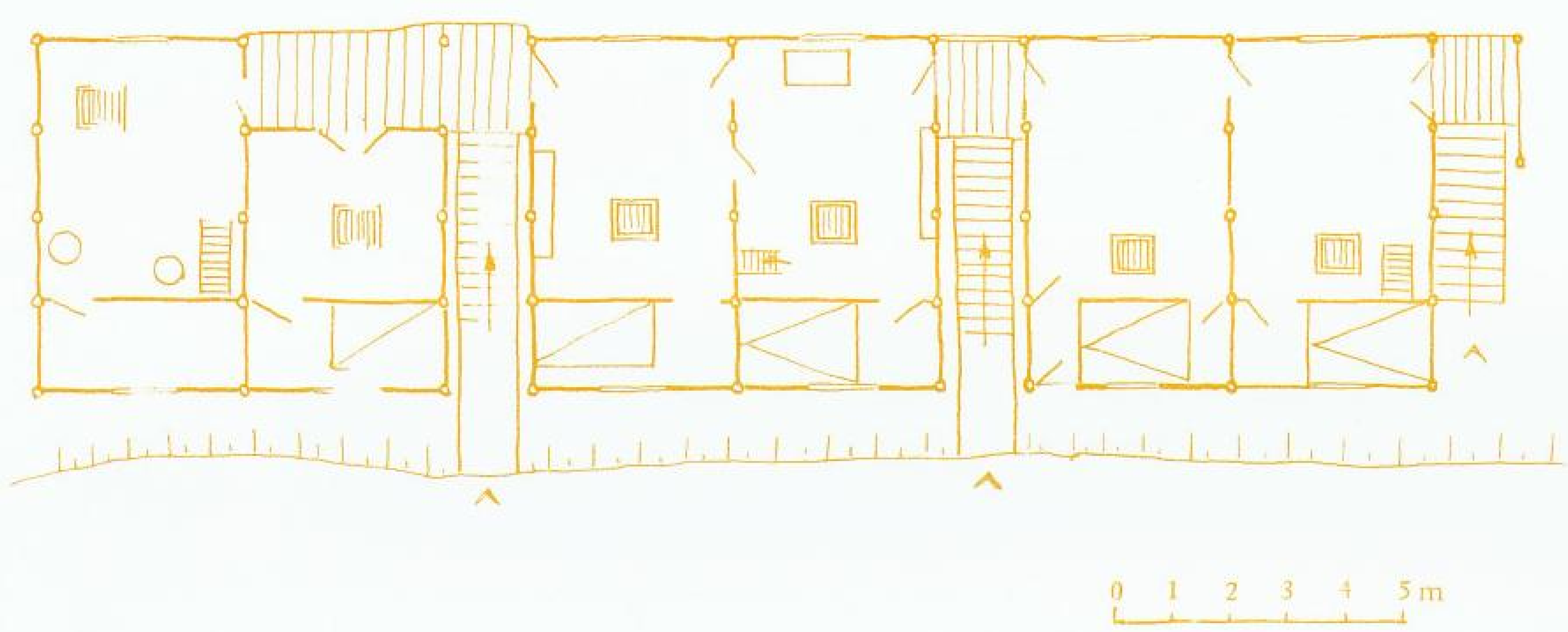


图11-6-24 剑河乃寿寨某宅平面图



图11-6-27 （2）锦屏县兴合寨住宅建筑群

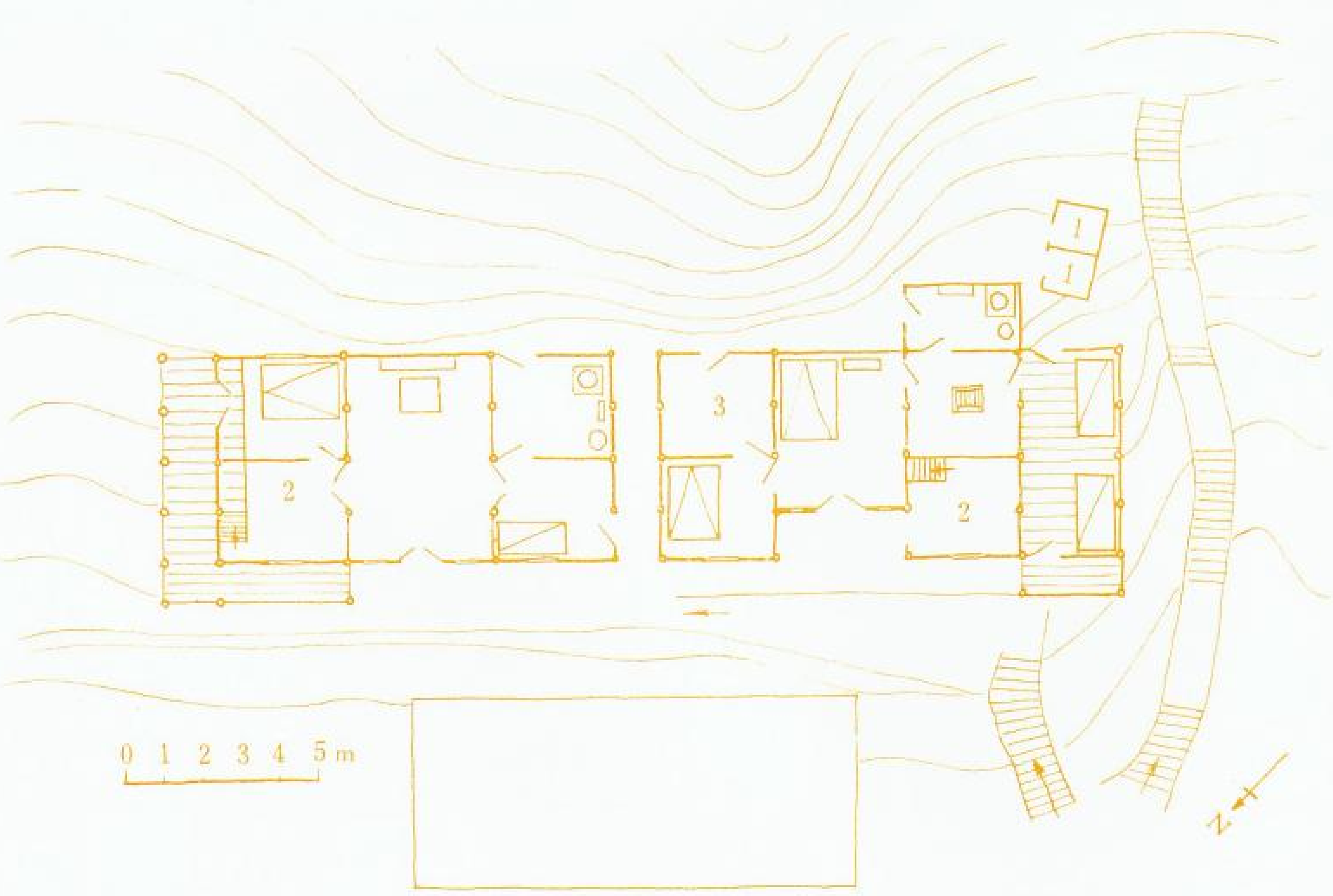


图11-6-25 凯里青付寨住宅平面布置示意图
1.猪；2.杂；3.贮

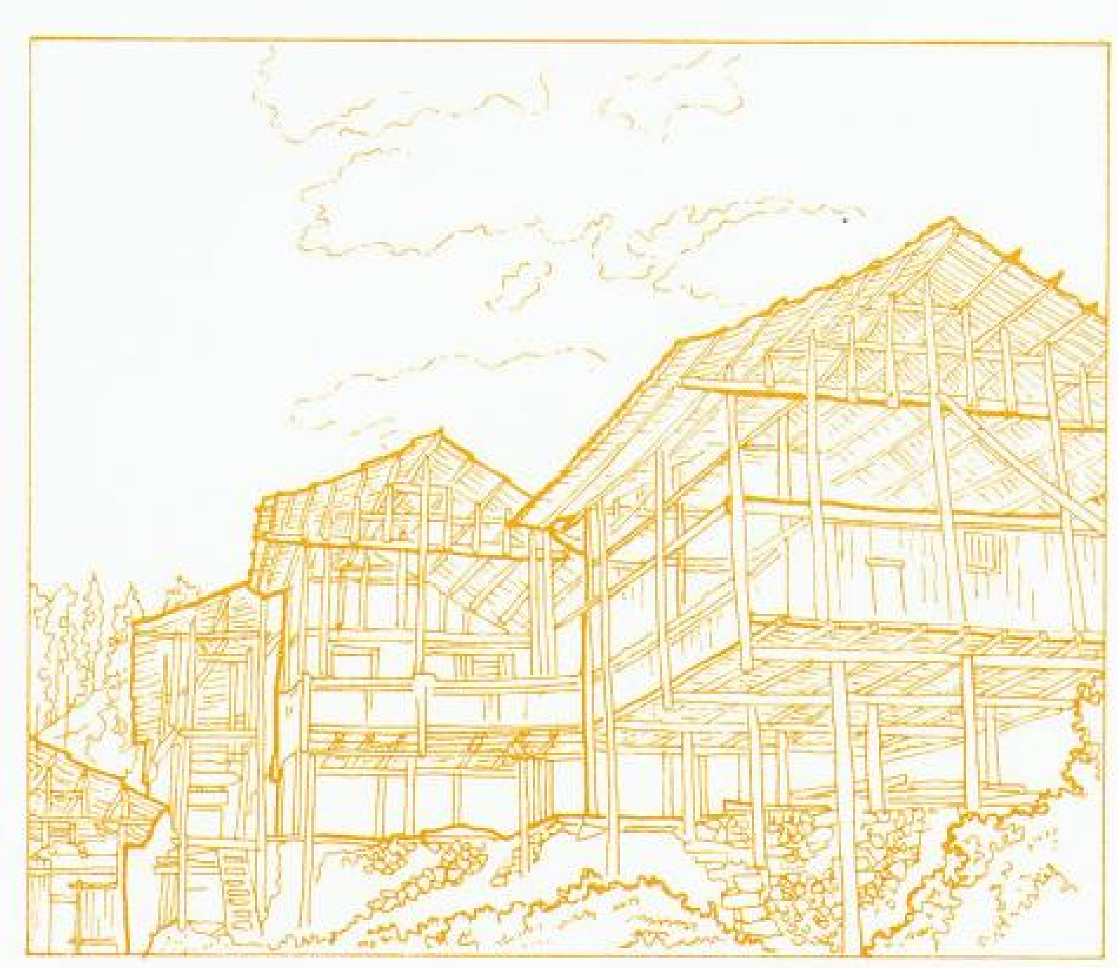


图11-6-27 （3）锦屏县兴合寨房屋外观

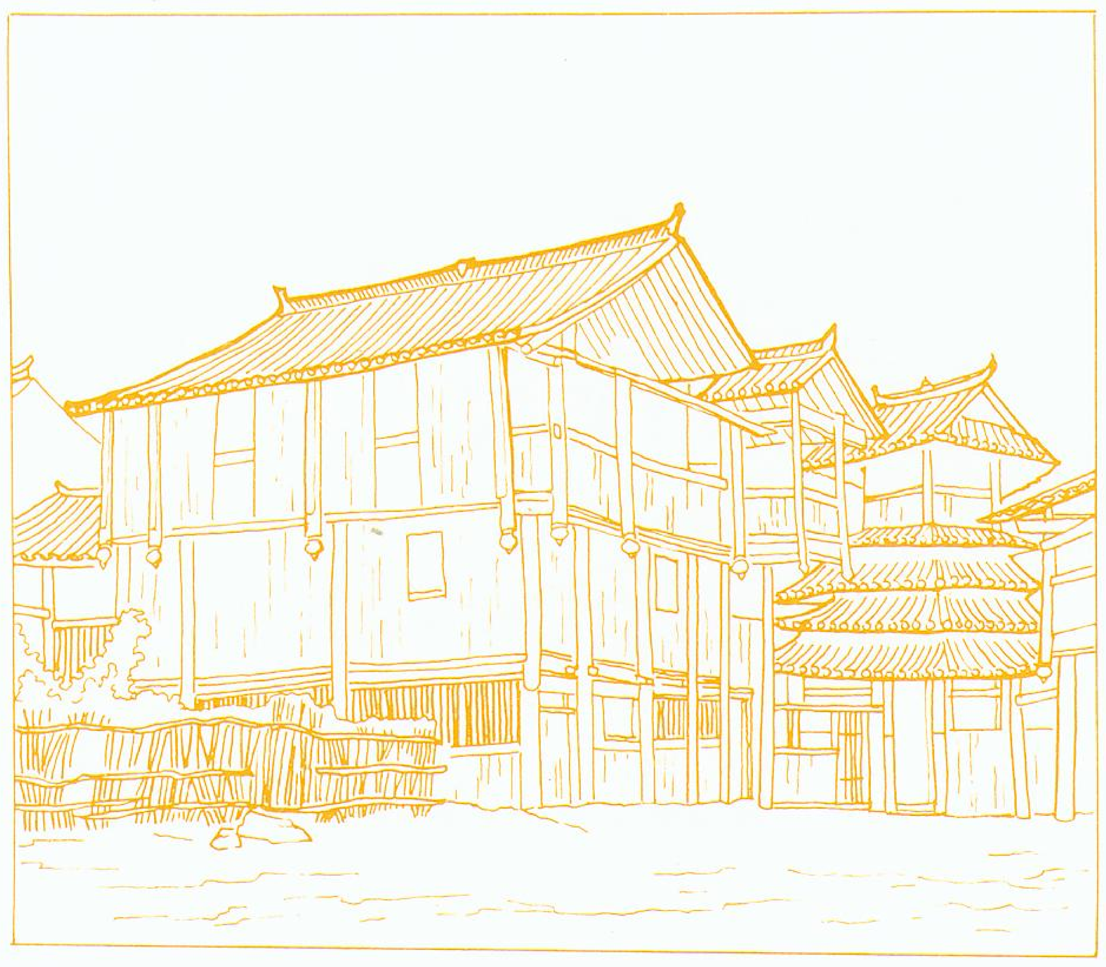


图11-6-28 （1）从江县侗族寨子住宅

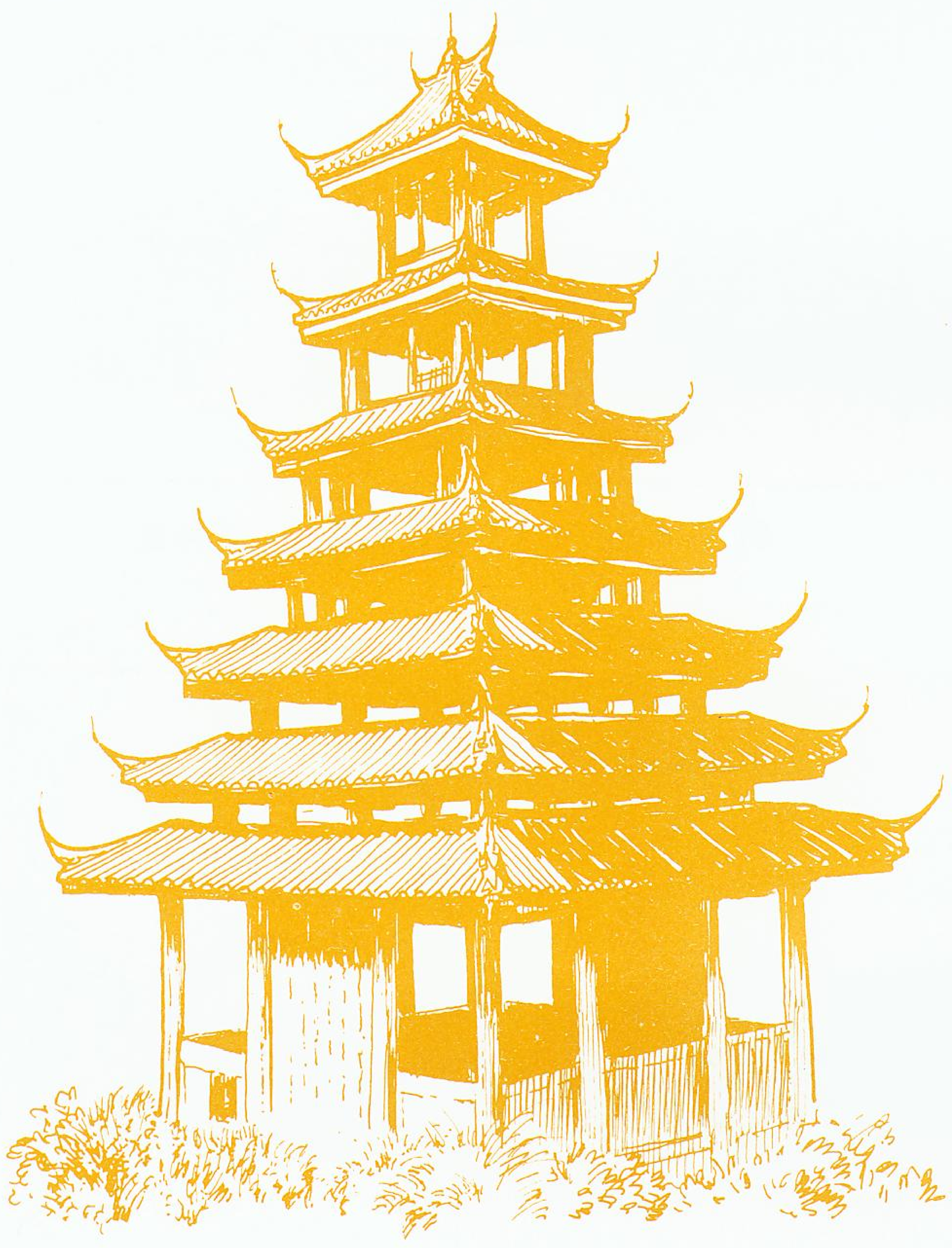


图11-6-28 （2）从江县侗族鼓楼



图11-6-29 雷山县鸡勇寨住宅外观

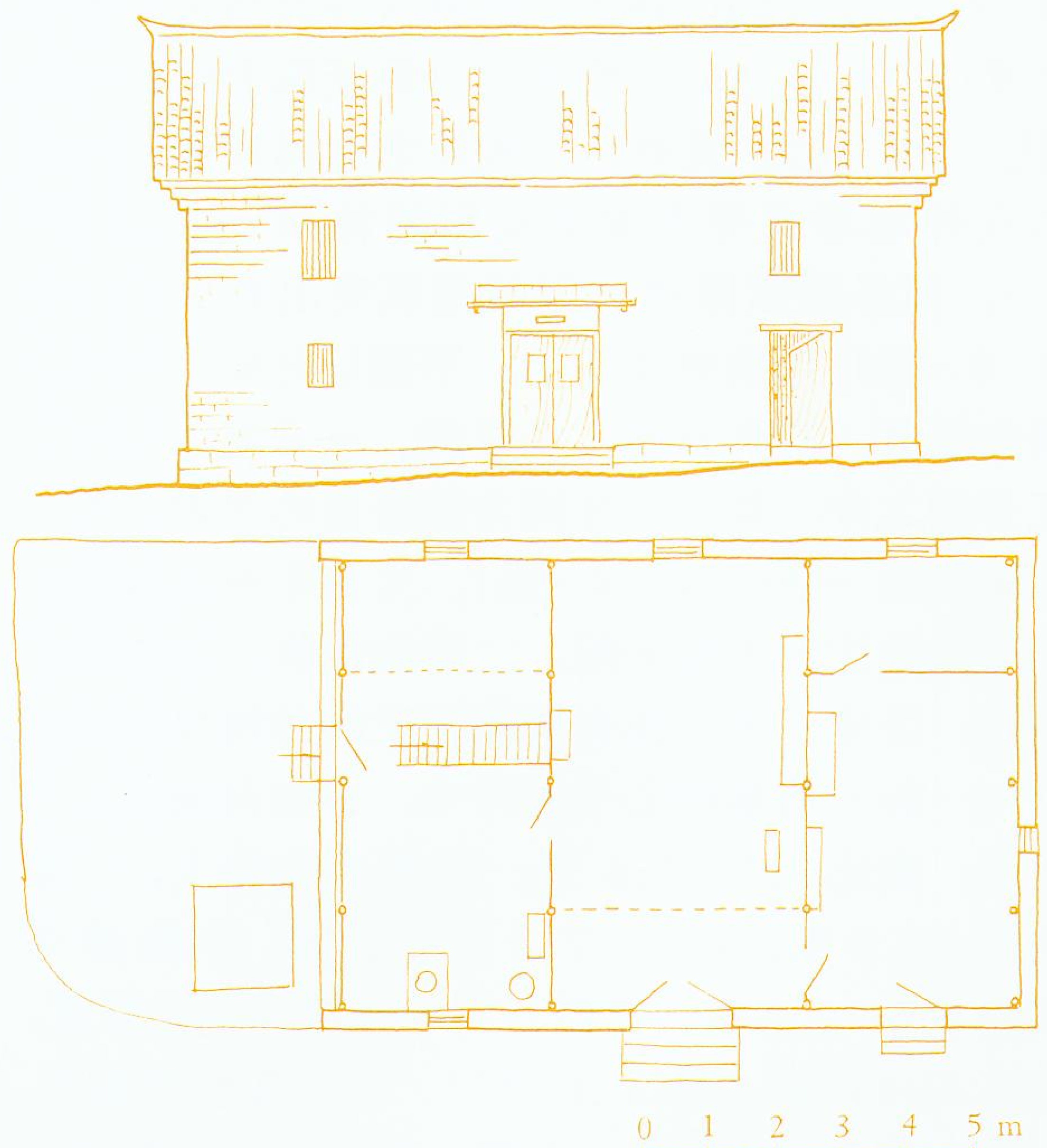


图11-6-30 台江施洞口巴拉河寨某宅平面及立面图

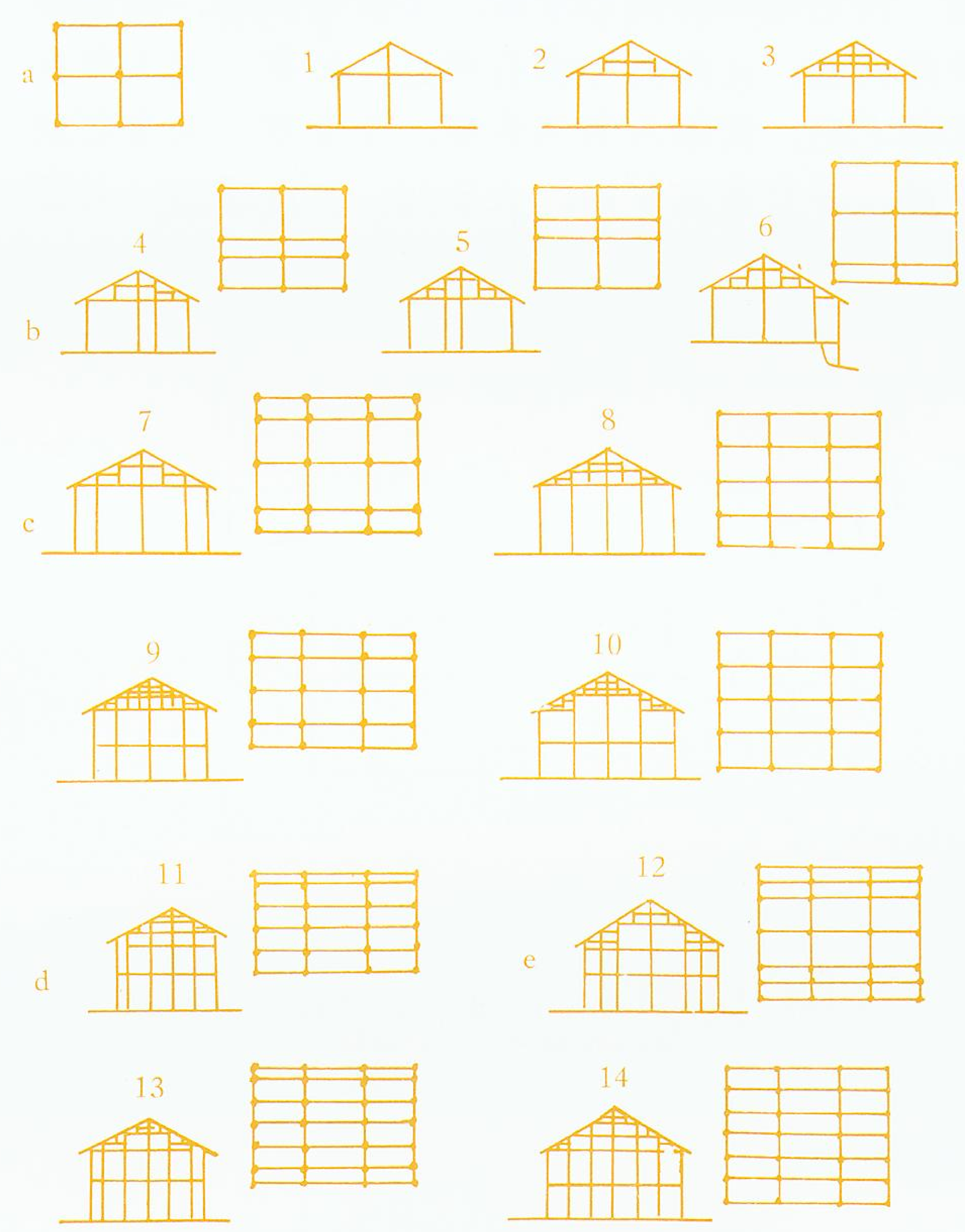


图11-6-31 木架剖面及柱分布示意图

1.三柱；2.三柱二抓；3.三柱四抓；4.四柱二抓；5.四柱三抓；6.四柱四抓；7.五柱二抓；8.五柱四抓；9.五柱六抓；10.五柱八抓；11.六柱四抓；12.七柱二抓；13.七柱四抓；14.七柱六抓

a.三柱式；b.四柱式；c.五柱式；d.六柱式；e.七柱式



图11-6-32 剑河乃寿寨某宅外观透视

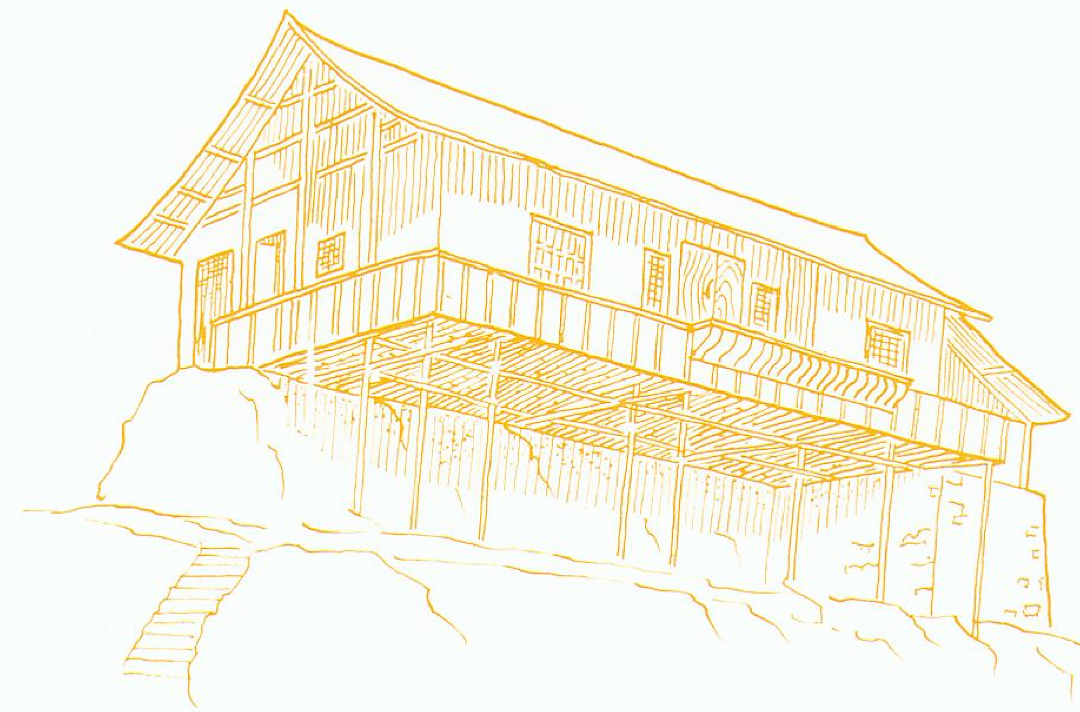


图11-6-33 凯里青付寨外廊式房屋透视

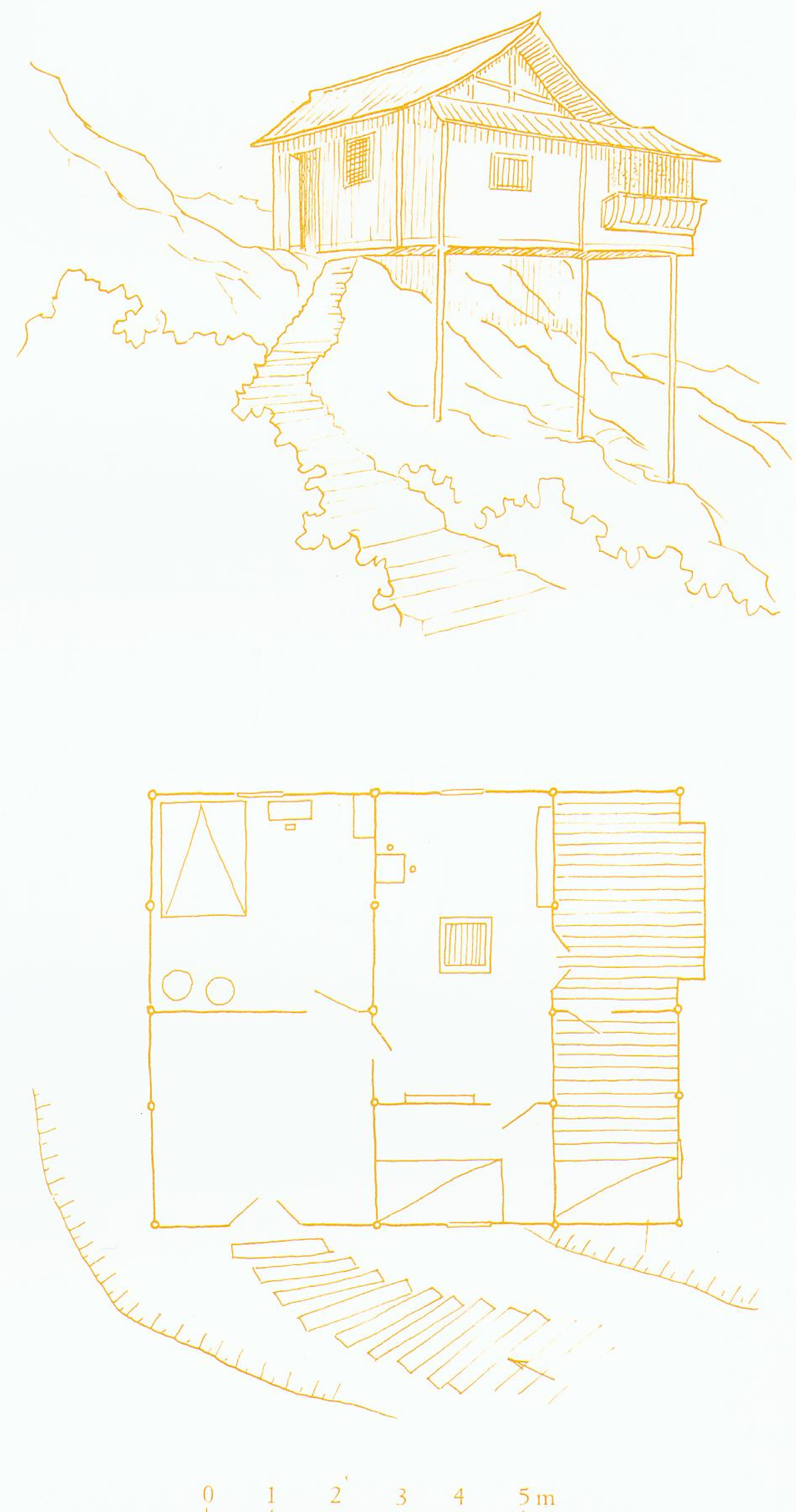


图11-6-34 剑河基佑寨某宅平面及外观

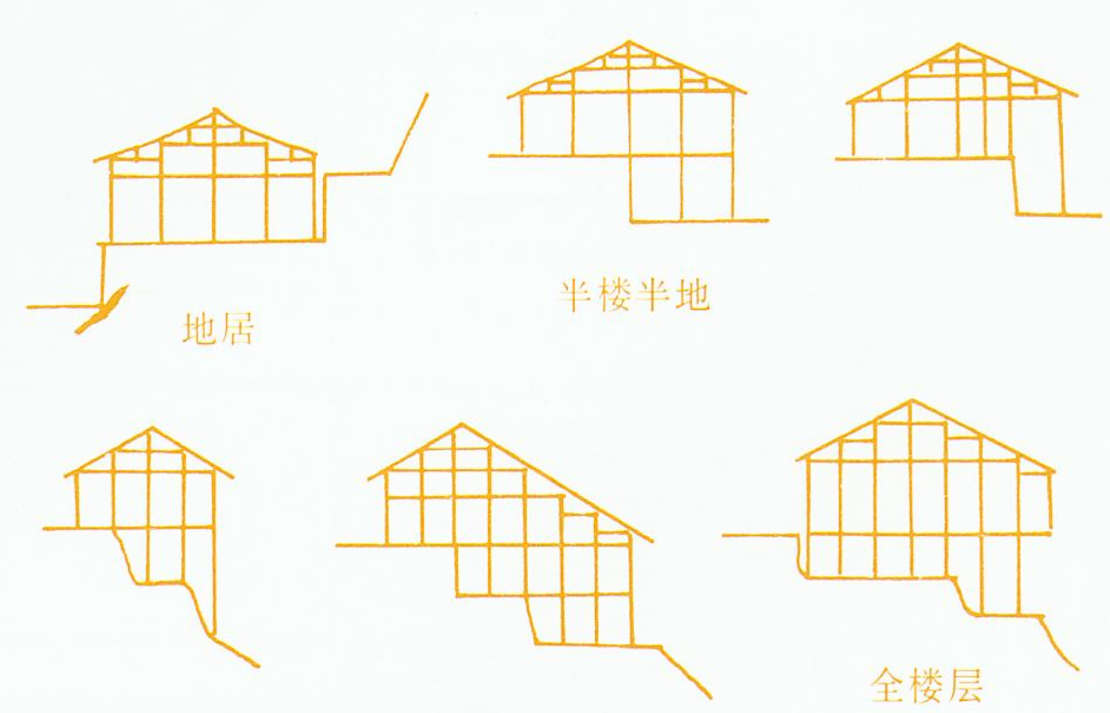


图11-6-35 住宅剖面形式示意图

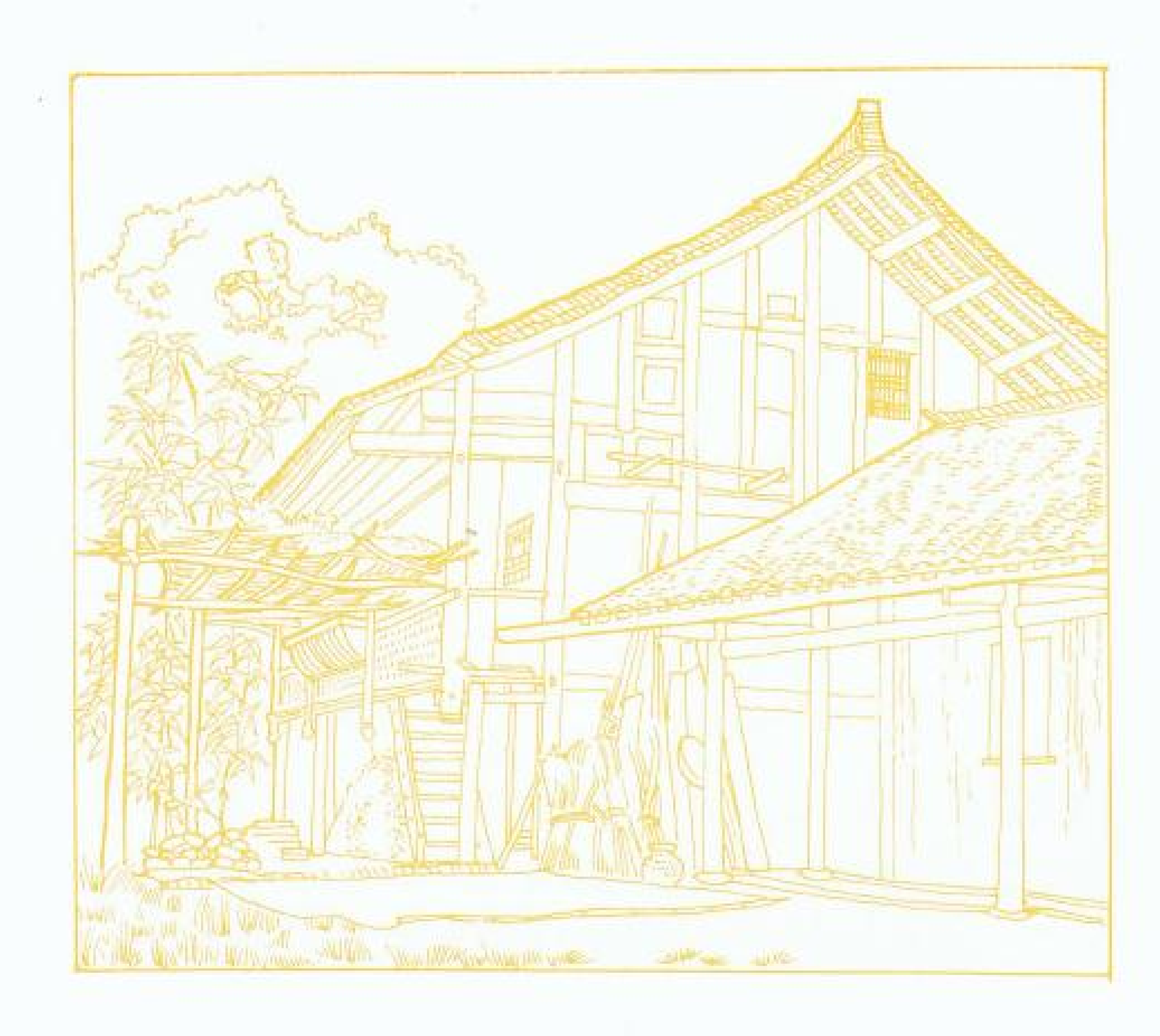


图11-6-36 雷山县中寨木构架房屋

居于侧开间前部；廊：为家务、休息、晒太阳以及“对歌”，“坐月”的地方(图11-6-33)；灶房：多设在偏厦中；晒台：布置在房屋尽端，也有设在山墙一端的(图11-6-34)。民间住宅剖面形式有三种(图11-6-35)：地居，也就是平房；半楼半地，是适应地形的一种吊层处理；全楼层，为架空建造的房屋。常见的层高尺寸：底层1.8—2.2米，居住层2—2.4米。黔东南木材丰富，苗族住宅以木结构为主。木构架：承重构架由立柱、横梁、瓜柱等组成横向排架(图11-6-36)。纵向用穿枋拉接形成空间构架，中柱柱径约30厘米；边柱一般同中柱，瓜柱25厘米，搁栅10×16厘米，木枋5×23厘米，楼板厚2.5厘米，宽25—30厘米。挑廊宽1—1.2米，最宽的达1.4—1.5米，作成吊脚楼形式。基础：柱脚直接置于岩石地基上，有时加一个石墩。土墙与砖墙的基础多用毛石、块石、条石干砌。勒脚部分高0.2—0.5米左右，多用乱石或条石。墙身：外墙与隔断多用木板，采用土墙的厚度为40—50厘米。以外也有乱石、卵石及用砖砌空斗墙的。门窗为木格窗，堂屋大门为双扇，有的还另设有腰门，过梁用木枋或木板。屋面多为双板，个别为单板，出檐0.8—1.2米。屋面用稻草的坡度“七分水”；小青瓦屋面坡度为“五分水”和“六分水”，杉树皮屋面坡度多为“七分水”，屋脊用瓦作装饰，檐口利用木质作局部装饰处理。

参 考 文 献

[1]明陈诚《西域番国志》。

[2]新疆维吾尔自治区博物馆考古队:《新疆民丰大沙漠中的古代遗址》,《考古》1961年第3期第119页。

[3]史树青:《谈新疆民丰尼雅遗址》,《文物》1962年第7、8期第20页。

[4]《汉书·西域传》渠犁条。

[5]《晋书·四夷传》。

[6]黄文弼:《略述龟兹都城问题》,《文物》1962年7、8期第16页。

[7]《裔乘·西北夷》卷8。

[8]《四夷广记》。

[9]云南省博物馆筹备处:《剑川海门口古文化遗址清理简报》,《考古通讯》1958年第6期第5页。

[10]冯汉骥:《云南晋宁石寨山出土铜器研究》,《考古》1963年第6期第319页。

[11]云南省文物工作队:《云南祥云大波那木椁铜棺墓清理报告》,《考古》1964年第12期第607页。

[12]云南省博物馆:《元谋大墩子新石器时代遗址》,《考古学报》1977年第1期。

[13]宋兆麟:《云南永宁纳西族的住俗》,《考古》1964年第8期第409页。

第十二章　城市建设工程

概　说

城市，是随着社会分工的发展和阶级对立而出现的。我国封建时代的城市，是统治阶级的据点。统治阶级不但掌握着政治统治权，而且也控制着手工业和商业。对于城市的规划，除了经济发展的要求和地理环境的影响以外，同时受到统治阶级的政治统治和思想意识的制约，服从军事防御和阶级斗争的需要。

我国封建社会的城市，尤其是都城的建设，综合地反映了封建社会的经济、政治、军事和思想意识的要求，逐步形成自己特有的一套布局方法。

早在战国时代，就出现了一些关于城市规划的理论。如齐国管仲提出“凡立国都，非于大山之下必于广川之上。高毋近旱而水用足，下毋近水而沟防省。因天材，就地利，故城郭不必中规矩，道路不必中准绳。”（见《管子》卷一《乘马·立国》）这些原则反映了当时从实际出发的城市选址经验，是比较合理的。但统治阶级也曾提出一些反映其政治需要和思想意识的规划理论，具有代表性的如《周礼·考工记》所述“匠人营国，方九里，旁三门，国中九经九纬，经涂九轨，左祖右社，面朝后市”的王城布局设想，《吴越春秋》所说的“筑城以卫君，造郭以守民”，管仲提出的“凡士者近宫，不士与耕者近门，工贾近市”的城市分区思想。这些论点所反映的规划方针，在许多城市规划中得到证实。

一　城市规划特点

（1）城市选址，善于利用自然条件的特点进行规划和建设。在历代的都城建设过程中，不但要选择经济发达，交通便利的地区，而且在军事上也是战略地位优越的地点。从秦汉到隋唐的八、九百年间，在关中平原上建都的时间最长，因这里在秦统一六国前后，便得到开发经营，土地肥沃，经济富庶，且四面有险可守，军事上非常有利。但从秦咸阳到汉长安，到隋唐长安，三易其位置，原因就是对自然条件的认识逐渐加深。唐以后，全国的经济中心向东南移动，都城的地址也向东移。北宋选择了汴梁定都，就是因为汴梁地处中原，交通发达，便于集中东南财富。但汴梁在军事设防上，条件不利，驻防军队庞大，成为北宋经济的沉重负担。

从辽代起，金、元、明、清几个王朝，均选择北京地区定都。因北京是南北大运河的终点，通过运河与经济富庶的长江下游沟通，同时，地位适中，是中原和北方连结的枢纽。所以自金中都开始，四个朝代均建都北京地区，而具体位置也有变迁，其主要原因是更好地利用水源条件。这就说明，都城位置，首先是从全局着眼，同时，也须顾及具体地理条件（运输、河道、水源、关隘等）。元大都改造了原有的供水系统，弥补了金中都水源不足的缺点，明清北京则基本就元大都的基础发展。

在地方城市中，利用自然条件，有着更为突出的特点。我国北方地理环境多为平原，在平原上建城，大多数都是方整对称的平面布局，城内设十字或井字交叉的道路。而南方地区多山地丘陵，便依山傍水建城，山城随地形布置，以军事、交通和水源为主要着眼点；城市随河流自由伸展，城内街道与河网纵横交叉，河道作为物资供应的运输线和生活用水的来源，成为城市布局的主要根据。

（2）城市规划中认真考虑军事设防。封建统治者把城市作为据点，“筑城以卫君”，所以，历代都城都周密地考虑城市的防卫体系；对各级地方城市也都严加设防。此外还大量修筑关、寨、边城，建立起全国性的防卫体系。城市设防在规划中从考虑选址，占据有利地形，采取技术措施如筑城、挖壕等，发展到布置上的措施，如出现了宋东京城那样三重城墙的处理：宫城位于中心，宫城之外又有内城与外城，其间的距离增加了防御进深。这种规划手法沿用到封建社会后期。历代还重视军事性城镇的修建。如汉代曾普遍修筑营垒和关塞，在内蒙古呼和浩特东郊和福建崇安，都曾发现汉代营垒遗址，城中主要建有官署、兵营和民居，城外周围还有屯田或军事训练场所。又如明代在沿海大量建造卫、所、烽、堠，以抵御海盗的侵犯。明初在山东、浙江、福建、广东沿海设立几十处卫所。这种沿海卫城规划很有特点。山东蓬莱水城，就是一例。

（3）封建统治阶级思想意识在都城规划中的反映。历代都城总是以统治阶级的利益为最高原则来规划的。集中表现在宫廷建筑的规划布局上。早期的都城、皇城和苑囿、衙署，就占据大部分城市用地。汉代以前的城市已分划若干“闾里”，每个闾里设有“里监门”的官吏来看管，用以控制平民百姓。到隋朝规划大兴城时，又提出“自西汉以后直至晋齐梁陈，并有人家在宫阙之间，隋文帝以为不便于民，于是皇城之内，惟列府寺，不使杂居止，公私有便，风俗齐肃”（见《长安志》），就是进一步把居民区与皇宫府署加以区隔，以利于统治阶级的防卫和对庶民的统治管理。实际上，早在三国邺城和晋魏洛阳的布局，已经出现这种方式。隋大兴城是典型的坊里制城市，把全城分为110个坊，坊门启闭有时，鸣鼓为号，有严格的制度（见《唐律疏议》），实际上仍保持战国、汉以来的闾里制度，不过更为规整有序。隋大兴城（唐长安）并且采用了严格对称的布局，使宫城处于全城中轴线上。以后元大都（明清北京）的规划，承袭了这一特点。北京长达8公里的中轴线上（从永定门到钟、鼓楼），布置了一系列最主要的建筑。这一宏伟规模，是世界无匹的。然而，为了突出这一以帝王为中心的要求，同时也就牺牲了大多数居民的居住生活和交通来往的便利。这些都是为了满足统治阶级的要求而采取的城市规划形式。

（4）随着经济的发展，冲击了里坊制的城市规划体制。唐代以后城市经济的发展，商业、手工业的繁荣，以里坊制为基础的城市规划已经很不适应。到了宋代，便突破了里坊制，城市主要街道上出现了商业街道。宋东京城的规划就是这个背景的产物。《清明上河图》是当时汴梁虹桥一带商业街道繁华情况的真实写照。当时，有些商业街道发展到城外，出现了关厢商市。唐长安的东西市，已经出现商业、手工业的行会组织。宋代以后私营手工业有更大发展，手工业者，按行业居住相对集中。很多城市发展成著名的商业、手工业城市。随着对外贸易的发展，沿海城市发展成重要的对外贸易港口。这种基于经济原因而发展起来的城市与一般的州、府、县城不同，城内手工业作坊占了很大的比重。例如，北宋景德年间以制瓷出名的城市景德镇，到了明代全城有瓷窑3000所。这时，里坊制城市结构完全被打破，手工业工人、商人就居住在繁华的商业街背后，或城内官僚贵族住宅的隙地上，没有明显的分区。这种局面的出现，是不依封建统治阶级的意志为转移的。到了元、明、清，尽管封建统治阶级都幻想着在都城规划中恢复传统的制度，尽管元大都（明北京）在行政管理上还保留有“坊”的称呼，但都城中封闭的坊里再也不能恢复了。

二　城市建设工程技术的发展

（1）筑城工程技术：我国封建社会的城市，普遍兴筑城墙，挖掘壕堑。当时战争的目标是争夺城池。从秦汉到隋唐，虽有少量用石头砌筑之城，但多数采用夯土城墙，有些夯土城墙遗迹历经一、二千年，一直保存至今，反映了古代劳动

人民对夯土技术掌握的纯熟。针对当时的攻城手段，把城墙筑得很厚，例如汉长安城下部基址厚16米，唐长安城下部基址厚12米。城墙从直线形发展成带马面的形式。对于马面的使用效果，沈括《梦溪笔谈》中记载了四世纪西夏赫连城的情况："若马面长则可反射城下攻者，兼密则矢石相及，敌人至城下，则四面矢石临之。需使敌人不能到城下，乃为良法。若敌人可到城下，则城虽厚终为危道"。

随着武器的进步，夯土城墙已不能适应。宋代出现了火药，战争中开始使用火器，城墙需要进一步加固，发展成土城包砖的作法。明代城墙普遍包砖，正如恩格斯所说："筑城艺术中的彻底变革，是火炮改进的最初结果之一。"我国南方多雨，土城易毁，维修频繁，早在唐代以前，就出现砖石城垣，但规模不大。随着筑城工程的发展，不断总结。北宋编写了《修城法式条约》，南宋初陈规的《德阳守城录》中也记载了筑城工程技术，清代还颁布了《城工事宜》作为筑城施工技术规范。

城门，是城市的咽喉，又是防御的薄弱环节，为了加强城门的防御，城门本身的构造也不断改进。早在春秋时代，墨翟就提出设悬吊式的城门，用绞车启闭；为了防火，在门上钉木栈，然后涂泥，门上留有向敌人射箭的孔洞。城门防火一直受到重视，五代时钱塘城的城门，曾采用包铁叶的办法。南宋《德阳守城录》中提出每处城门设三道门扇，还提出城门作上、下两层，"上层施弓弩，可以远射，""下层施刀枪"。城楼处设暗板，揭去暗板，可以向下投巨木、石块。明清北京的城门，如正阳门箭楼的门，设有铁闸门，用两层厚0.5厘米的铁板包镶。铁闸门用绞车提升。

此外，加筑瓮城和羊马城，以增强城门的防御。汉代已有瓮城作法，北宋东京城的全部城门均有半圆形或方形瓮城，城门多开在两侧，或直对城门。瓮城的作法一直沿用到明清。羊马城的实例不多，见于静口府城图。宋代《武经总要》一书，对城垣城门的防御手段，有详尽描述。城墙上部不仅设有女墙、战棚、敌楼等防御设施，还有较大的建筑——城楼、箭楼、角楼等，作为了望站和指挥所。北京城是最有代表性的实例。正阳门瓮城设了三座箭楼，其余各门均设一座箭楼，箭楼三面均开射孔，墙壁厚达2米以上。

（2）城市的市政工程：中国封建时代的城市中，市政工程主要是给水、排水、涵闸和道路桥梁工程等项。经过历代的改革，在明清的城市中已有一定的规模。

地下排水管道至少东周时期已有。鲁城的东周殿基下曾发现陶水管，后来燕下都曾出土陶制排水管作虎头形。在始皇陵出土了秦代陶制和石制排水道（图12－0－1）。陕西兴平茂陵地区发现汉代的拐角形陶水道管（图12－0－2），可能是西汉茂陵县城内高台殿基上用的排水道。咸阳也出土过一些汉代的陶水道管（图12－0－3）。鲁城的西汉殿基下曾发掘出小砖发券的下水道，这些水道直径较小，排水量不大，应是重要建筑物周围的排水设施。在汉长安的发掘中，可以看到规模更大的排水系统；城市道路两侧有排水沟，在宫殿附近的水沟特别加设铁闸门。唐长安城的发掘说明当时已有明沟与暗沟相结合的城市排水系统。北宋汴梁在城市主干道御街的两侧"有砖石甃砌御水沟两道，宣和间尽植莲荷……"这种沟渠和绿化结合的方法，北魏洛阳，隋东都都已采用。明代北京城在元大都已有明渠、暗沟基础上，修筑了完整的城市排水网，全城中除几条主要干沟采用明沟外，几乎每条胡同都有与街道平行的排水暗沟，沟的埋深1米左右，最大埋深达2米。

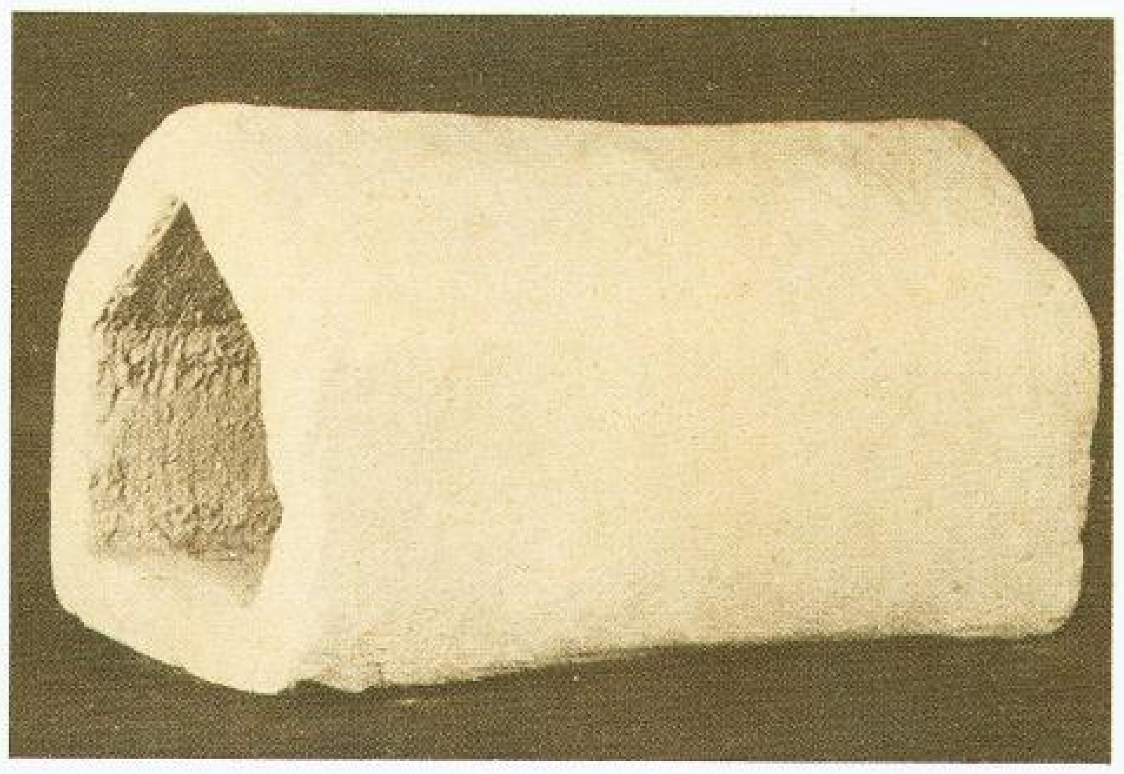


图12-0-1　（1）陕西秦始皇陵出土陶水道管

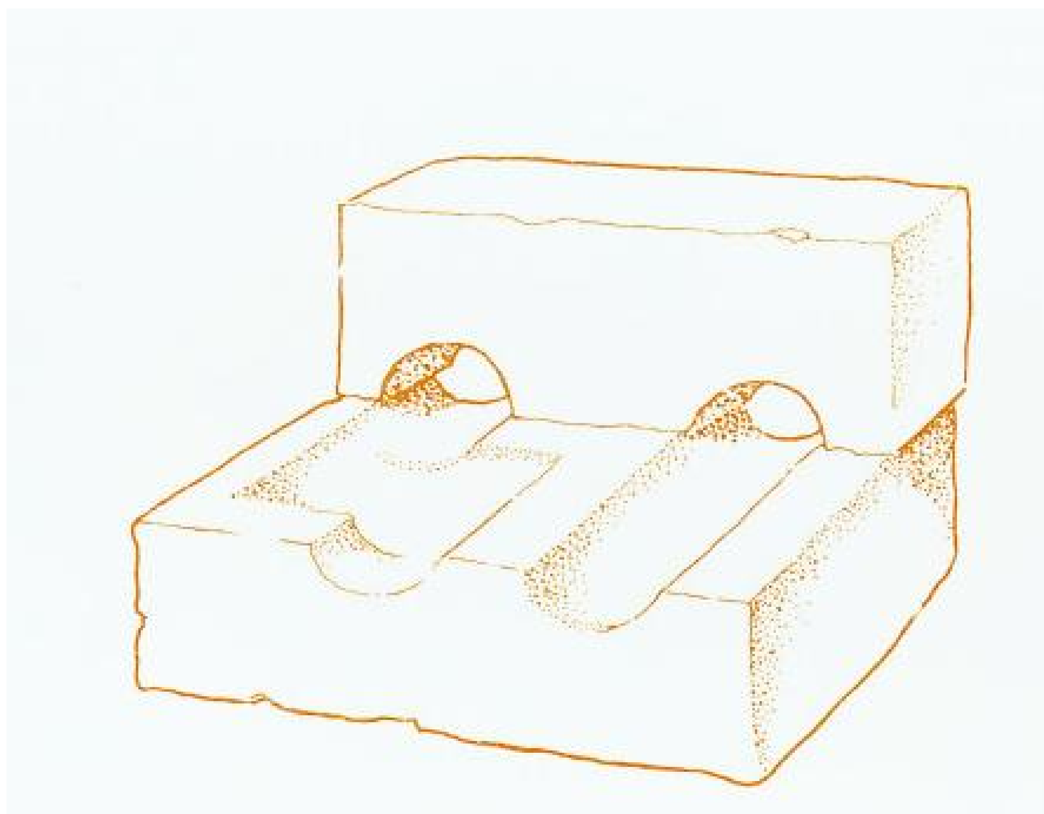


图12-0-1　（2）陕西秦始皇陵出土石制排水道

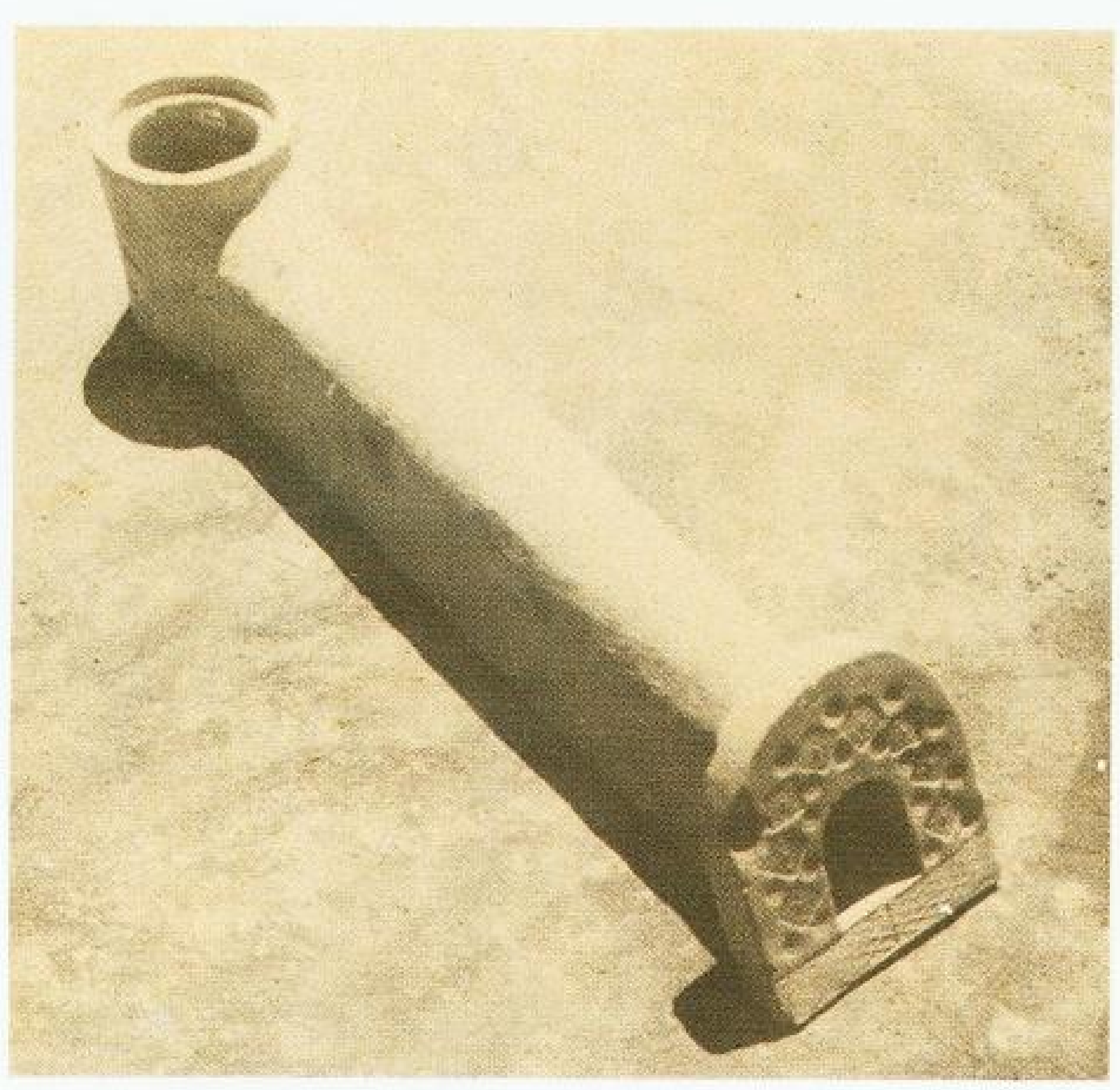


图12-0-2　陕西兴平豆马村出土汉拐角形陶制水道管

据统计，北京城内的明清旧沟全长达287.3公里[1]，可见其规模的庞大。排水支沟一般用砖砌筑，用条石作顶盖，干沟则采用砖拱，沟的高宽均在2米以上。

城市的供水。生活用水，除天然河流、湖泊、泉水外，主要是井。历代都城规划中所考虑的供水，是为了解决城内用水和交通航运问题。汉长安曾开了通往渭河的渠道，并修筑人工的蓄水池昆明池。

唐长安开凿了永安渠、清明渠、龙首渠和专为漕运使用的"漕渠"，将南山的木材、薪炭等运入城内。北宋汴梁号称汴、蔡、金水、五丈"四水贯都"。汴水为大运河的一段，成为东京城的经济命脉。当时漕运非常发达，使用之频繁远远超过陆运。

元大都的规划中成功的改造了河湖水系，引白浮泉，开通惠河、金水河，很好的解决了北京城内园林用水和漕运问题。对北京城市的发展起了重要的作用。

道路的规划布局和修筑。西汉长安的街道"修广平直，列树甚多，行车升降有上下之别"，"衢路平正，可并列车轨"。东汉洛阳城，曾使用"翻车渴乌，施于平门外桥西，用洒南北郊路"[2]。唐长安的道路等级分明，主干道宽150米，坊之间的道路宽35—65米，坊内十字街宽15米左右。南宋临安街道已采用砖、石铺砌，干道两边铺砖或石、宽10步，中间填砾石，路面非常整洁。随着生产发展，交通发达，到了明清两代，城市的道路由于多雨防泥泞，已广泛采用卵石、块石、砖铺装路面，尤以南方城市普遍。还有一些林区的城市，用枕木铺路以防止冰雪路滑。

古代城市还有一些专用建筑，如钟鼓楼和望楼等。前者除了晨暮报时之外，还兼有监视、了望作用；根据考古资料，城市十字街口设置望楼自汉代以来已有（图12－0－4），元代以后，几乎成为定制。城市交通设施，如港口、码头、灯标；防火设施如望火楼，等等；都有丰富的建设经验。大体上，宋代开始城市面貌改变较大，城市建设的技术措施发展较快。许多古代城市，保持到现在，有些设施（水面、河道、码头、道路、桥梁、井、渠等）仍在发挥作用，成为现代城市的有机组成部分。



图12-0-3　咸阳汉代陶水道

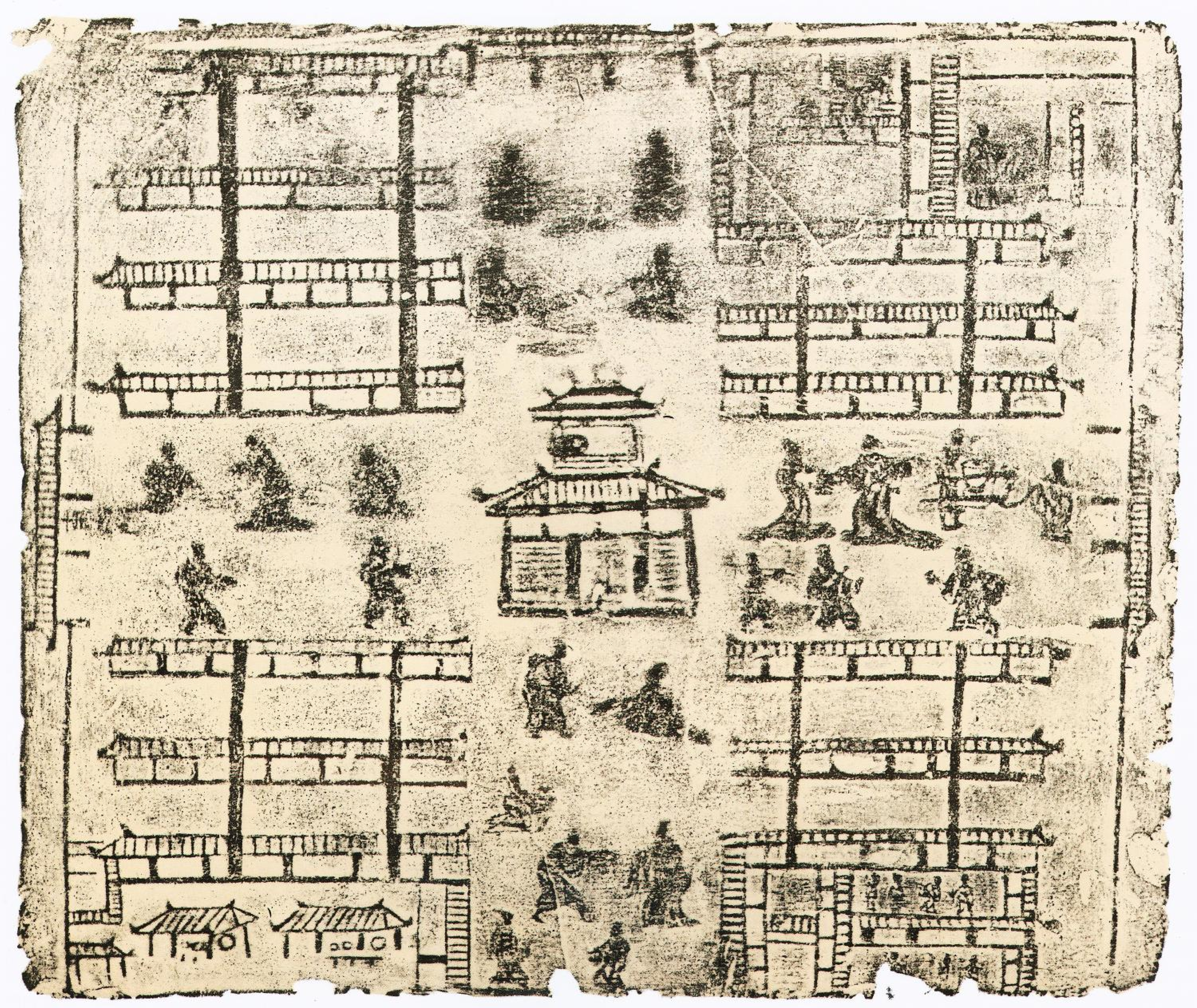


图12-0-4 市井画象砖拓片

第一节 封建早期城市

一 鲁 城

鲁城是周代鲁国的国都。据文献记载，西周初年，分封周公旦之子伯禽于鲁，建都曲阜，自此而后至战国末年鲁灭亡，未曾徙都，是我国先秦时期连续使用时间最长的城市之一。楚灭鲁后，改为鲁县。今曲阜县城建于明正德年间，占据了鲁城的西南隅。

鲁承商代的奄国，疆土以泰山之南的汶泗流域为中心。这一地域，平原丘陵交错，河流纵横，土地肥沃。鲁城即建于这一地区中部的泗（河）、沂（河）之间，泗河绕其西、北，小沂河流经城南。城座落在鲁中南丘陵地带与鲁西平原的结合部，城东和东南面，山峦起伏，逶迤不绝；城西和西南面是辽阔的沃野。这一带有着良好的地质水文条件。城东防山余脉，蜿蜒向西，地面隆起，即所谓"曲阜"；在鲁城的中部，尚有它的一片高出地表的岩石，为宫室等大建筑提供了理想的天然基础。城以南则有峄山断层，泉水涌出，池沼沟渠密布，又加小沂河河水常年不枯，从而为城市提供了丰富的水源。这种自然条件，可能成为选定城址和规划城市时所考虑的一个重要因素。

鲁城的平面大致呈长方形（图12-1-1），东西3.5公里，南北2.5公里，周长近12公里。发掘资料证明，鲁城的这个平面最早形成于西周前期，经西周、春秋和战国各个时期，并无变化，后期不过是在前期的城墙上进行了修筑，使城墙不断增高加宽。城圈四角成弧形，城墙弯曲，以南城墙较直，北墙中部有一小段显著外鼓。此处既非城门，也没有发现其他遗迹，只有城内的一处沙堆，如断城一般，高出地面，而且周围地下全是沙层，没有发现文化遗迹，估计古时这里可能有大沙丘。城墙之所以向外突出，大概是要把沙丘围入城内。

鲁城共有十一座城门，其中东、西、北门各三座，南门两座[1]，不仅四面城门的数目不一致，而且城门的位置也不是对称的。由此可见鲁城设计城门的数目、位置，是按照实际需要来确定的。鲁城的东南部水位很高，城外也是一片沼泽，不是居民聚住之处[2]，所以南墙东部将近三里没有

1）南墙经过三遍钻探，最后探眼的距离小至2米，没有发现第三座城门，因此《太平宇记》关于鲁城十二门，每面三门的记载是不符合实际情况的。

2）鲁城东南部一带，地下岩石浅，旱季水位不到1米，雨季则常积水，地层几乎没有什么遗迹，不是一般居民集中之区。

城门。相反，鲁城在东北部有三座城门，城门与城门、城门与城拐角之间的距离仅一里左右。西北部也有三门，这显然是根据城市生产生活的需要而设计的，因为这些地方是手工业和居民集中之区。上述情况说明，鲁城的修建并不存在一种制度化的城建原则。

在鲁城各门中，南门比较高大。古文献常常提到的南门、稷门和雉门当即此门。据《左传》记载，鲁僖公二十年（公元前640年）曾把此门拓大加高，因改名高门。在发掘此门门道东侧的城墙时，发现了春秋时期城墙的外皮以南5米左右有类似台基的遗迹，联系《左传》鲁定公二年（公元前508年）"雉门及两观灾"及后来"新作雉门及两观"的记载，值得注意。观者阙也，春秋时此门前面可能已有双阙的设计。大约至战国时期，其形制不但异于鲁城其它各门，而且在同时期的另外的都城城门中也属少见，它似乎已是瓮城的先驱。现城门两侧向南凸出的部分地面上已无痕迹，魏晋时可能还较完整，杜预在《左传》注中曾注意到此门与其它各门的不同。

目前，关于鲁城城墙结构和夯筑技术方面的情况，了解不多。从发掘西、南、北三墙所提供的资料分析，最早的约属西周前期的城墙，宽约5米左右，直接筑在当时的地面上，未挖地槽。夯层厚薄不很一致，厚者10厘米，薄者仅2—3厘米，一般厚约7厘米。使用棍夯，夯窝圆形弧底，即所谓"馒头夯"，直径以3、4厘米者居多；另有一种小夯窝，直径仅2.5厘米左右，夯面的夯窝密密麻麻，可以联系到西周时期《诗经·小雅斯干》上所描绘的"约之阁阁，椓之橐橐"的情景。偶而发现夹版的痕迹，宽20厘米左右，没有发现洞眼。后来修筑的城墙基本上都沿着前期城墙的里皮或外皮进行，大都有地槽。最常见的是一种口大底小，弧底或近平底的锅形地槽。这些地槽的大小深浅并不一致，大者口宽3、4米，深约2米；小者口宽2米左右，深1米多，槽内没有整齐的夯层，偶而有小面积的夯面，上有夯窝，可能槽内采取了边填土边打夯的方法，所以只有小面积的夯面而无整齐的夯层。这种地槽多在修补或加厚城墙时使用，春秋以前还没有发现别的地槽。以后的城墙有的不挖地槽，仅仅将原先城根的坡形堆积略加清理，即在其上筑墙。总之，鲁城属于春秋以前的城墙，对城基的处理是比较简单的。大约西周晚期，出现了夹杆，在一属于西周晚期春秋早期的城墙中，发现了两个洞眼，直径8厘米。残长分别为1.2米、1.25米，东边的一根成西北东南方向，西边的成东北西南方向，两者在北端的距离1.2米。

鲁城春秋期城墙的夯层比西周期的略厚，也较整齐，一般为8、9厘米，夯窝仍是"馒头夯"。春秋早期的夯窝直径4厘米左右，晚期的5、6厘米。在鲁城第一、二号春秋末期的大墓中，这种夯窝有七个成一组的，其排列为中间一个，周围六个，可知当时的棍夯是若干根棍子绑在一起使用的。

鲁城战国期城墙的宽度在南墙东门东侧达40米左右，夯土坚硬，夯层厚11、12厘米，南北联成一气，十分整齐，可知尽管城墙很宽，也是一版筑成的。使用金属夯具，夯窝圆形平底直径7厘米（图12-1-2）。战国初期，不仅夯具发生了变化，而且地槽的形式也不同了，由斜壁弧底的锅形地槽变成了直壁平底的方形地槽。不过，这种地槽只挖在新筑城墙部分的下面，以加固墙皮的基础。墙皮部分以里的城墙是在地面上筑起来的，因此，地槽与原先的墙皮之间就包有一段未经夯打的文化层。这是一种省工的办法。这种地槽较小，宽深都不过1米多，槽内夯层清晰。

对鲁城春秋战国时期大型墓葬的发掘，提供了版筑技术的另一种情况。这些大墓的墓圹都在10余米见方，中部有5、6米见方，深达3米左右的椁室。椁室全是夯筑而成。其四壁与墓圹之间几米宽的地方，同时逐层进行打夯，夯土坚硬，四周夯层整齐，并不交错（图12-1-3）。因此，四面必须同时安置挡板。挡板不用夹棍固定，而由四角竖立的方木承接。这种方法就好象用一个长方形的木框，安在墓圹中，然后在四处同时逐层夯筑，四角立木的高度至少要超过椁室的深度，挡板的长度则同椁室长宽度基本一致。

关于鲁城城内的布局情况（参见图12-1-1），目前还只有大概的了解。宫室、宗庙区位于城市的中部偏向东北，此处地形隆起，东西约1公里，南北半公里许，地下大型夯土墓址连绵不绝，而在城内其它地方，只有零星的夯土墓址。在自周公庙以东的该区东部，地形最高，传为汉灵光殿遗址，解放前曾作过发掘，发现汉代宫殿基址。现已证明这里有两层殿基，上层为汉殿基，下层为东周殿基。上层的有小砖发券的地下排水道，下层的有断面成五边形的陶制水管道。该处殿基前对南、东门，自南、东门向北的干道直达殿基的前面。在北部大道两侧都有大型夯筑基址，但目前还不知它们属于何时的遗迹。该区西部即曲吴公路以西的大建筑基址，可分南北两组，南面的一组与周公庙东西相望，北面一组的面积东西长240米，南北宽100米，两组建筑遗迹相距3、4百米，正处北半城的正中。从整个鲁城的平面布局考察，这些大建筑遗迹的年代可能更早。在宫殿区的东西北三面，分布着冶铜、冶铁、制陶、制骨等各种手工业遗址和居住区，在古城西部分布着自商至战国时期的五处墓地。墓区集于西部，这是鲁城布局上的一个特点。

鲁城没有发现宫城。在城的南部和西部探出一座小城，东西2.5公里，南北1.5公里，其西南墙利用了鲁城的西南墙，东墙、北墙筑于汉代，可能是汉鲁县县城或两汉时期的诸侯王都，与鲁城并无关系。鲁城不设置宫城，而把宫室放在城市正中的布局，不同于东周列国各都城，保持了西周城市的遗制。

二 薛 城

薛城在山东省滕县境内，北距滕县县城约15公里（图12-1-4）。城址座落于鲁中丘陵和鲁西平原之间，东依沂蒙余脉，西临昭阳湖，南濒微山湖，薛河小苏河分别自城的东、西两侧流过，经南运河向南流入微山湖。薛城依山面水，居于平原沃野之上，交通方便，水源富足，自然条件优越，适宜农牧业生产，为薛的都城的建立和发展提供了有利条件。

薛在周时为子男国。战国时被齐所灭，齐封田婴于此，嗣后，田文又袭父封薛，号孟尝君。其时，薛城已发展到了有"六万余家"的繁华城市[1]。公元前221年，秦灭齐，置薛县；汉因之，属鲁国；晋属薛郡。薛城作为薛国的都城和历史名城，时达千余年之久。

薛城筑于何时，史无记载。据文献和近年来薛城出土的文物[2]分析表明，薛城之建立，当在西周，最晚不过春秋早期。战国时，曾作过两次较大规模的修筑[3]。从城墙暴露的遗物看，现在的薛城似为东周时所筑。据地面调查，薛城呈不规则形。城周长约10615米，面积6.8平方公里左右。城墙保存基本完好。现存城墙高度4—7米，底厚20—30米不等，城墙系用土夯筑而成。城墙遗有夯筑时承托夹板所用的插杆洞眼。眼距0.95—2.05米不等，洞径12—14厘米。夯层厚12—22厘米，夯窝呈圆形，径6—7厘米。

南城墙有明显的二次修筑痕迹，这和薛城曾作过大规模修筑的记载相吻合（图12-1-5）。内侧城墙宽10米，土质较纯，质地坚硬，外侧城墙宽11米，夯土含杂质较多，质地较为疏松。

薛城共有13处拐角。世传薛城有四门，今薛城城墙有22处缺口，不知孰是。南墙西部有一缺口，俗称"水城门"，宽约31米，底部用石构筑而成，口呈喇叭状，当为下水道，用于排除城内积水。

薛城城内，地势平坦，仅皇殿岗一带地势略高，文化层堆积也较厚，此外，曾出土过战国时期的瓦当及用石料铺砌的地面，皇殿岗可能是薛贵族的宫殿建筑区。

三 临淄城

齐临淄城在今山东省淄博市临淄区境内，是我国古代一座著名的城市。

据《史记·齐太公世家》记载，献公元年（约公元前858年），齐自蒲姑迁都于临淄，是为临淄建都之始。自此而后，至公元前221年秦始皇灭齐止，临淄作为齐国的都城长达六个半世纪。秦统一六国之后设齐郡郡治于此。汉代为诸侯王国的王都，又是齐郡，青州刺史部的治所所在。魏晋以后，该城逐渐被废弃，只有少部分，即宫城的南半部被沿用到宋代，元初在小城的东面另建新城，即旧临淄县城。

战国时期，临淄已经是相当大的城市。《战国策·齐策》描绘齐宣王（公元前320—302年在位）时此城的情况说："临淄之中七万户……户三

1）《史记·孟尝君列传》太史公语："孟尝君招致天下任侠奸人入薛中，盖六万余家。"

2）近年在城东出土春秋早期铜簠皿合，铭刻"薛子仲安"、"走马薛仲赤"。

3）《孟子》梁惠王章句下："齐人将筑薛"。注："齐人并得薛，筑其城"。其筑城时期，据《史记索引·孟尝君列传》："梁惠王后元十三年十月，齐城薛"。

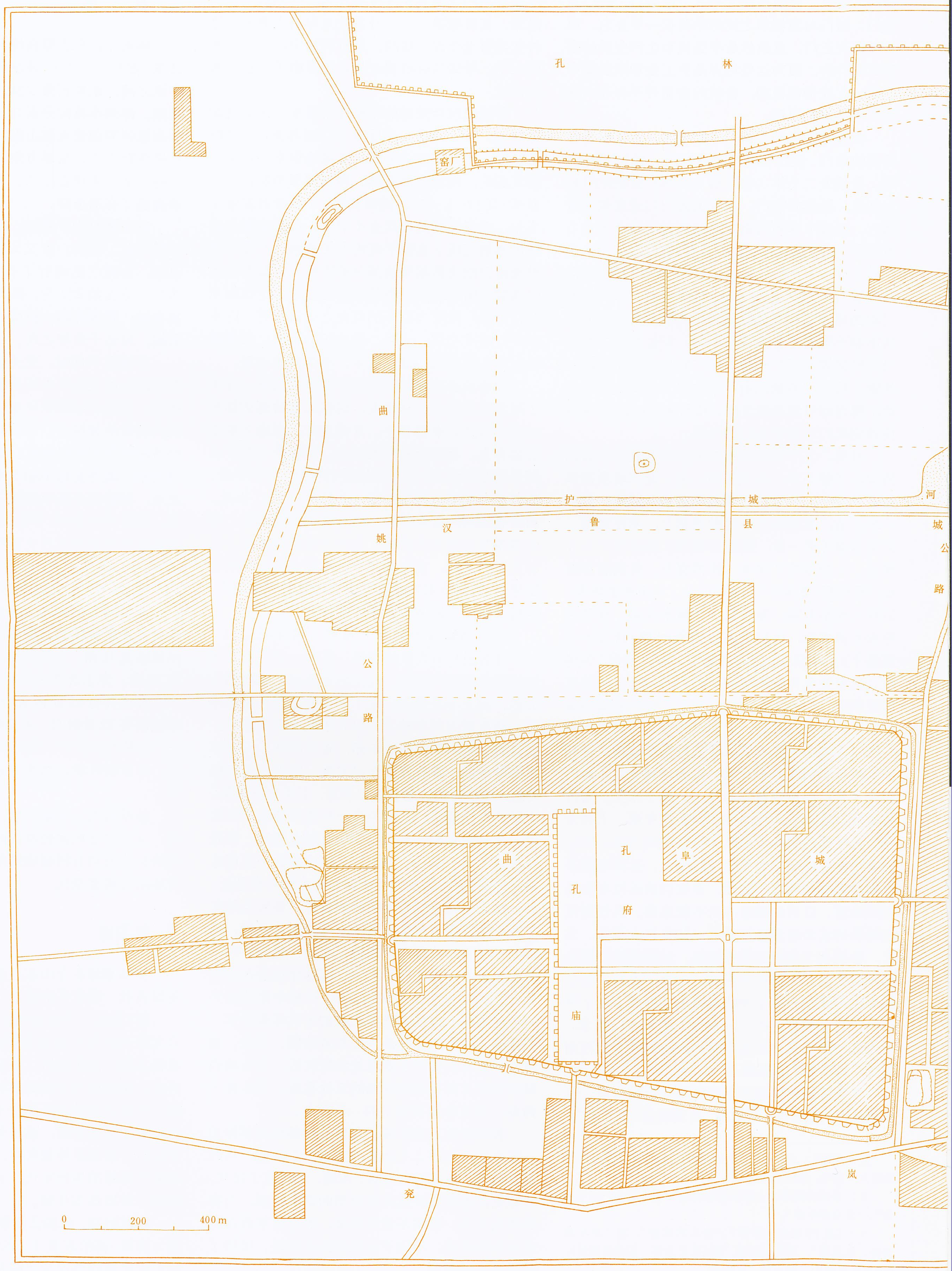


图12-1-1


N
拖拉
机站
墙
路
公
水
库
图 例
地面上的古城墙
地面下的古城墙
复原的古城墙
古护城河古河道
现代河流 水库
古城门
现代桥梁
公路
生产路
现代村庄、城市、工厂

鲁城平面图



图12-1-2 鲁城战国期城墙的夯窝（金属夯具所筑）

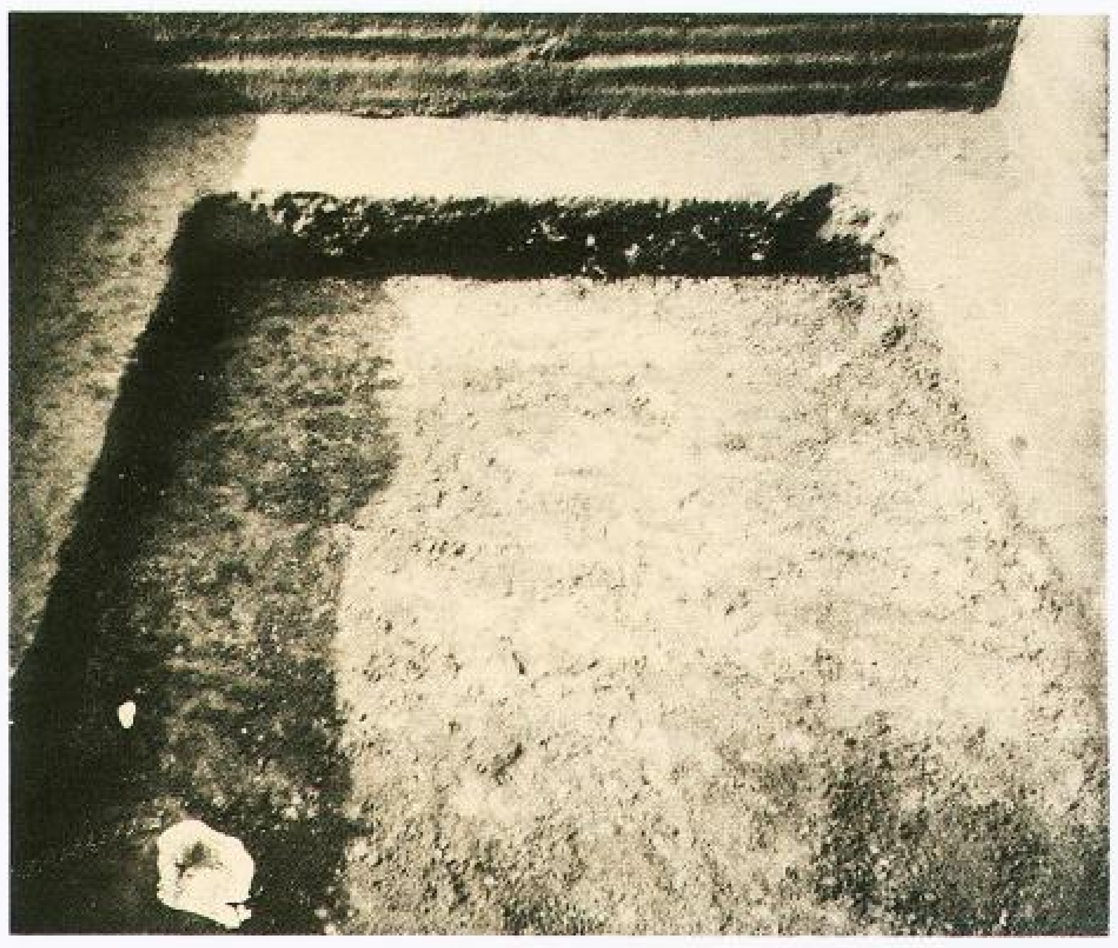


图12-1-3 鲁城二号大墓（春秋战国之际夯筑椁室）北壁的夹板痕



图12-1-4 薛城平面示意图

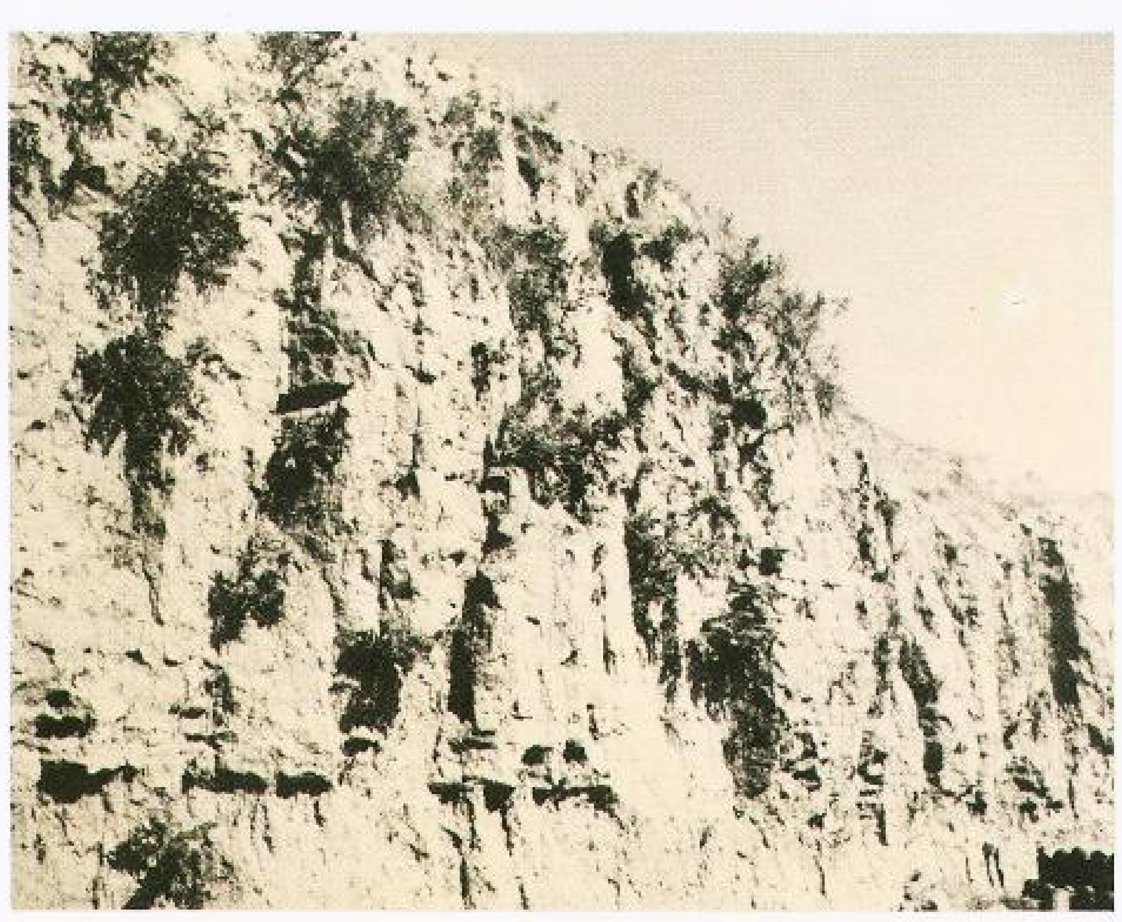


图12-1-5 薛城南城墙



图12-1-6 齐临淄故城平面图

男子，三七二十一万，不待发于道县，而临淄之卒固已二十一万矣。临淄甚富而实，……临淄之途，车毂击，人肩摩，连衽成帏，举袂成幕，挥汗成雨，家敦而富”。这段描述虽属夸张，但所说当时临淄的户数，大致可信。当时该城不仅人口众多，而且手工业和商业十分发达，是我国古代一个重要的政治、经济和文化中心，在我国古代城市建设史上占有重要地位。

临淄位于淄河的中游。同其它一些古代重要的都城一样，城址的选择，是周密地考虑了水源、排水、交通、生产和军事等各种因素的。临淄城建在系水源头与淄水之间一个广袤约4、5公里的狭长地带上。城的东西两面紧依淄、系两河，南去泰沂山脉北麓10余公里，北距渤海70公里左右，周围有广阔的沃野，既有农桑之饶，又有渔盐之利，自然条件优越。在交通方面，临淄西通燕赵，东达东莱、海滨，东南经穆陵关至莒可抵吴越，西南经夹谷至鲁卫而达河洛，可说是四通八达。西周初年齐鲁之封，旨在镇抚东方，为周王朝“藩屏”。西周和春秋时期雄踞东方的莱国，构成对齐国的威胁，临淄地处国境前哨，负山冠海，后方辽阔，进可攻，退可守，是军事战略要地。公元前567年灭莱以后，齐国疆域扩大，临淄地处中心，控制全国，战略地位更显重要。临淄之所以在建都以后的六个多世纪中，始终不变其国都的地位，并在战国时期发展成为最繁华的一座城市，是同上述这种优越的自然条件和重要的战略地位分不开的。

临淄由大城和小城两部分组成（图12－1－6）。大城南北约4.5公里，东西约3.5公里。小城在大城的西南方，东西约1.5公里，南北约2公里。从郦道元《水经注》开始，人们往往称小城为“营丘”，认为是周初齐太公所封之处，其实它是宫城，而大城则是郭城。《管子·度地》说：“内为之城，城外为之郭”，《吴越春秋》说：“筑城以卫君，造郭以守民”，说明当时的都城已分“城”和“郭”两部分。城是保卫国君的，郭是供老百姓居住的。临淄大、小城的平面布局，反映了当时都城的城郭关系。

临淄城的布局：宫室，作为都城的重要组成

部分，被安排在小城的西北部，现保存下来的宫室基址，包括一个夯土台及其周围的十余座夯土殿基。台俗名“桓公台”，高14米、南北86米、三层，南面坡度较缓，东、西、北三面较陡峭，显然是宫室建筑群中一座高台建筑的台基。1976年春对台东北向水道北岸的殿基作过部分发掘，曾揭露了西汉前期的一个殿基及其周围的五个院子。在这座殿基以下30厘米，便是东周殿基。在小城东北部也有一处较小的夯筑台基，台的四面以巨石块垒砌，俗名“金銮殿”，与“桓公台”遥遥相望。

在小城西门外，有“歇马台”。小城西北约9公里处，又有“梧公台”，均保留有夯土台基，这些都是齐君的离宫别馆遗迹。古文献记载，城西一带，竹木繁茂，泉出成池，春秋时名“申池”，为系水之源。1964年普探该城时，从西门外至“歇马台”一带，仍是一片沼泽。估计从小城向西到“梧公台”一带是齐国统治集团游乐攻猎苑囿区。

小城除宫室基址以外，还有冶铁、冶铜作坊址，城南还有铸币遗址。宫城内这些手工业作坊的存在，可能是“工商食官”、“处工必就官府”在城市规划上的反映。战国中期，城南部还有著名的“稷下学宫”，是齐国的学术文化中心。因宫城只是一座堡垒，所以小城的文化层堆积和遗迹不很丰富。

关于居住区的划分：从大城内的地貌上可隐约看到有较规整的区域划分。当时的地面起伏不平，因长期居住而形成的高地，一个接着一个，颇有规律。高低之间的低洼处往往就是道路和河沟。这种区域划分，很可能同管仲对该城的规划有关系。据《管子·小匡》记载，管仲为了革新政治、军事，曾把国都临淄划分为二十一个乡，按社会分工的不同，分区集中居住。其中工商六乡，工、农十五乡。并采取“伍家为轨，十轨为里，四里为连，十连为乡”的军政合一组织。每家出士兵一人，每乡为二千人，十五乡共三万人（工商不当兵）。由齐桓公和另外两个最大的奴隶主贵族高氏和国氏各率一万人，即所谓“三军”。这是管仲“作内政寓军令”的著名措施，是对齐国的政治、军事所作的重大改革之一。

目前所知，东周时期的铸铜、冶铁、制骨、制石遗址，主要分布在大城的东部。在西部则有私工商业的集中区——“市”。临淄的市至少在春秋晚期已经存在。据《管子·轻重甲》记载，大城的北部，大部分住着农民。这一带除西北部以外，文化层堆积颇为丰富，但大的建筑基址不多，是一般百姓的居住区。居民中大量农业人口的存在，反映了临淄的城市经济在很大程度上是有农业和手工业、商业相结合的性质，这也是春秋战国时期城市经济的一个特征。另外，在居住区还发现为数不少的筒瓦和半瓦当。

大城内还分布着若干墓地，城内有墓葬，似乎也是春秋城市的一个特点。

古代城市建设，尤其是都城的建设，是国家的一件大事，它同一个国家的政治、经济和国防有着密切的关系，因此受到了很大的重视。《管子》并且提出一系列关于城市建设方面的主张，其主要内容可分为两个方面：一是关于城址的选择和城市建设方面因地制宜的原则。在《乘马·立国》中指出：“凡立国都，非于大山之下必于广川之上。高毋近旱而水用足，下毋近水而沟防省。因天材，就地利，故城郭不必中规矩，道路不必中准绳”。另一方面是强调城市与国防、生产和人口的关系，指出城市必须为“农战”服务，城市的规模取决于生产和人民的多寡。故在《权修篇》中说：“地之守在城，城之守在兵，兵之守在人，人之守在粟。故地不辟则城不固”。在《八观篇》中更进一步指出，如果城池大，而耕地狭窄，生产的粮食就不能满足人民的需要；城池大而人民少，则城池就防守不住。以上这些主张，代表了古代城市建设方面的进步思想，也是古代城市建设实践经验的总结。这些思想在齐国国都临淄城的规划上，有着明显的反映。

临淄的城市建设工程：

城墙周长约21.5公里，其中大城周长14公里多，小城周长7公里多。城墙，有的成直线，有的弯曲，尤其是小城的西墙和大城的东墙，依水就势，蜿蜒曲折，极不规整。

由于城圈很不规整，以致城墙的拐角竟达24处之多。拐角有弧形、方形、内弧外方和内方外弧等形式。凡拐角向城内伸进的，内角呈方形，向城外突出的，内角呈弧形，这说明城墙拐角筑成以后，在夹角上采取了辅助夯墙的加固措施。在所有城墙拐角中，以小城东北部的拐角形制较为特殊，此拐角伸进大城以内，外方内弧，夹角上的辅助夯墙特别宽厚。沿夯墙的里边有一条宽5、6米的碎石道路。可能在这个拐角上曾有角楼之类的建筑。

临淄的城墙全系夯筑而成。从小城西墙的情况看，城墙的修筑时间，其上限当在春秋以前。城墙系采用版筑法构筑。夹板的承托不是靠插杆，而是用绳索牵引，以承受夯筑时产生的外张力。夹板2—3块为一组，板宽8—15厘米不等。夹板上下相叠，两端用绳索缠绕，然后将绳索引进城墙中，捆绑在木桩上。城墙的外壁遗有明显的夹板和绳索的痕迹。夯层厚一般10—17厘米左右，层次清晰。夯筑时，使用木棍作为夯筑工具，4—5根为一组，夯窝呈馒头形，径5—6厘米。

临淄城墙有明显的后期增筑和修补现象。在增筑或修补时，为了便于衔接，先将早期城墙的立面或平面铲平，然后再填土夯筑。同一夯层往往不是一次夯筑成，而是分成几次填土夯筑。另外，有些夯层，在夯筑时还采取了特别的措施：（1）在夯层中铺设未经任何加工的圆“枕木”，棍长3米左右，径12—17厘米。枕木多横向排列铺设，近城外皮而又不伸出城墙，棍距宽窄不齐，一般在1.2—1.3米（图12-1-7），个别地方，还在横向枕木下耽置竖向枕木；（2）除在夯层中放置枕木外，在枕木上下铺设有数道绳索，然后用小木桩将上下两股绳索绞紧，小木桩的长度大体与夯层厚度相当；（3）在夯层中铺设纵横交错的方格绳网，方格边长0.8米，两绳交接处，往往有小木桩加固（图12-1-8）。采取上述各种措施，主要是为了加固城墙，使之不易坍塌。今临淄地面上仍有不少齐城残垣。



图12-1-7 临淄城城墙夯层中的圆枕木

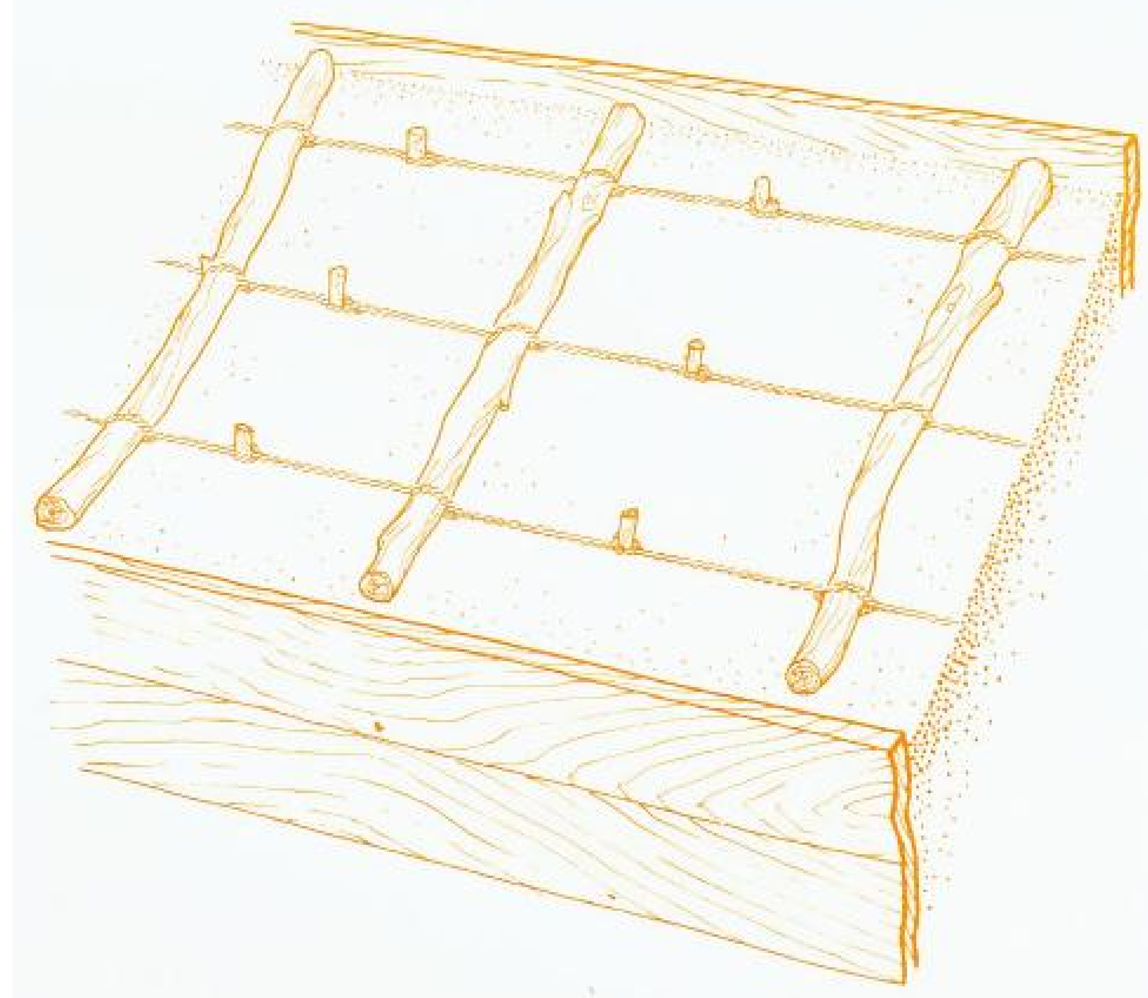


图12-1-8 临淄城夯土层加固示意图

齐临淄城的城门在普探中曾发现了十一座。其中小城城门五座，东、西、北门各一座，南门两座。大城城门六座，东、西门各一座，南、北门各两座，东门的位置偏北，自此门至城的东南角，直线距离尚有3000米，中间至少还应有一座城门。四面的城门，不仅数量不等，位置也远非对称，门道的宽度很不一致，一般宽度在10米左右，其中小城的东门、北门形制较特殊，后者门道两侧的城墙不成直线，西侧的城墙靠北，成曲尺形，东侧的城墙靠南，小城东门和北门的门道则比较长，其外口两侧的城墙向前凸出，与城门相对的城壕也相应地有个拐弯。此两门都通向大城，联系到与大城衔接的小城相交接的部分，加强了防范，反映了小城作为宫城所具有的保卫国君的堡垒性质。

临淄城内道路比较规整，已发现的十条交通干道（小城三条，大城七条），大多与城门连接，有的贯穿于全城，走向与城墙的方向基本一致，路宽6、8、10、15、17、20米不等。以大城内连接城门的南北干道为最宽，都是20米，至少可供五车并行。从大城看，这些纵横城内的干道，将整个大城分割为许多区。

临淄城对水源和排水问题也给予了应有的重视。主要的水源是城西和西南一带源源涌出地面的泉水，其次是淄河河水，但如何引入城内尚不清楚。已发现的水道似乎都是排水工程，计有四处排水道口和三个排水系统。四处排水道口分布

于大、小城的西墙和大城的北墙下，宽15米左右，用未加修整的青石块砌成。每个排水口有若干层，每层砌成许多排水孔，孔宽30多厘米，高约0.5米，上下层的位置交错排列。三个排水系统，一个在小城的西北部，起自“桓公台”的东南方，沿着台的东部和北部，经小城西墙排水口流入泥河。一个在大城西部，南起小城东北角，与小城东墙、北墙的护城壕相接，向北流至大城东北部分为二支：一支继续北流，经大城北部的排水口流入北墙城壕；另一支略偏西北，通向大城西墙排水口，流入泥河。一个排水系统，在大城的东北部，由南向北流，南部起于何处，还不清楚，北部也一分为二：向北者流入北墙城壕，向东者流入淄河。后两个排水系统之所以有分支，是因为临淄的地形，南部高，北部低，尤以大城西北部为最低洼，如遇山洪暴雨，一个排水口显然不能迅速排出大量积水。临淄城的排水系统将河流、城壕（护城河）和城内水道紧密地联系在一起，构成了一个有效的排水网。可见当时对排水工程已有比较科学的规划。

四 燕下都

燕下都是战国时期有名的都城之一，它位于河北省易县城东南，介于北易水和中易水之间。

燕下都所处的地理位置是很重要的，它的北、西、西南有山峦环抱，东南面向着华北大平原，正处在从上都（蓟县）到齐赵等地的咽喉地带，是当时燕国在南方的一个重要门户和屏障。城址选择对于防卫、交通、解决水源等方面的问题，也都非常适宜。

再从燕下都东城城内的建筑布局、手工业作坊的分布以及出土的大量的建筑材料、大批的铁制生产工具和上百件带铭文的铜兵器来看，也充分反映出燕下都是一个政治、经济、文化的中心和军事重镇。

（一）形制和规模

燕下都的平面布局略呈长方形，东西约8公里，南北约4公里，中部有南北纵贯的1号古河道（运粮河），河东岸有与它平行的一道城墙，



图12-1-9 易县燕下都遗址平面图

因而这条古河道把燕下都故城分为东城和西城两城（图 12－1－9）。

东城位于 1 号古河道以东，平面近似方形。在城中间偏北处有一道东西横贯的“隔墙”，把城北分成南北两部分。东城内的文化遗存异常丰富，布局也比较清楚。但城墙有部分淹没于地面以下，地面上仅可以看到一些隆起的残迹。城墙墙基的宽度，除“隔墙”宽约 20 米外，其余均在 40 米左右（图 12－1－10）。

“隔墙”紧贴 1 号建筑基址（武阳台）的北部，自西至东横亘于东城，两端并与东西城墙相接。全长 4460 米，残存在地面以上的一段“隔墙”位于“虚粮冢”墓区的南部，长 80 米、高 3 米。从这道“隔墙”的位置和布局来看，它对中心建筑起着保护的作用。

在东城的城墙上还有附属建筑，共三座：

7 号建筑基址（朱家台），位于“隔墙”的东段，东距Ⅱ号城门约 750 米。这一建筑基址的夯土遗迹，南北突出于城墙墙基之外。南北长 80 米，东西宽 65 米。地面上残高约 4 米。其上散布有碎瓦片和红烧土。

9 号建筑基址，位于东城墙北段的转折处，南侧不远是Ⅱ号城门。建筑基址的底部夯土范围，东西长 80 米，南北宽 30 米，突出于城墙以外。残存地上部分高约 3 米，呈圆丘形，上部散布有绳纹碎瓦片，并暴露有红烧土等。

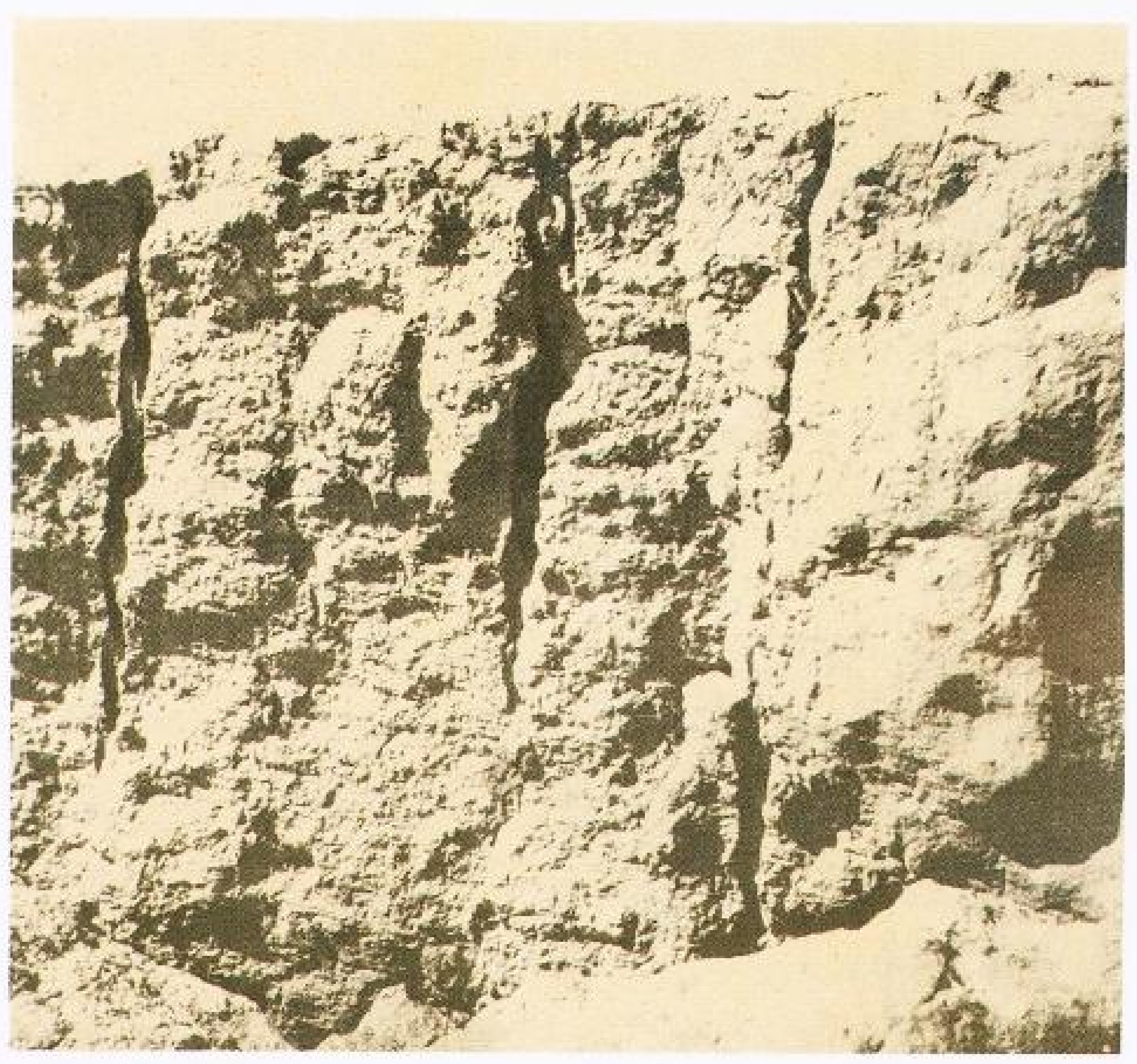


图12－1－10　燕下都西城南城墙西段绳眼和绳痕

10 号建筑基址（炼台），位于北城墙自东西行 500 米处。台高约 11 米。台基向北突出于北城墙墙基 20 米（加城墙宽度共 40 米），东西 60 米，与城墙没有叠压现象。在土台四周，有大量战国时期的绳纹瓦碎片及红烧土等。

这三座建筑基址，经钻探了解，它们是由城墙和突出于城墙的夯土部分构成的。同时，在基址四周或其上部都有瓦的碎片散布。这说明当时基址上有建筑物的存在，以便驻扎戎卒，守卫都城。9 号建筑基址紧靠城门，显然是为了加强城门和中心建筑的防卫而设的。9 号和 10 号建筑基址，又分别在东城墙的北部和北城墙的东部，在它们的东面是从上都通往齐、赵等地的交通要道，因此，它们也具有瞭望、报警、防卫都城的作用。

东城的城门仅发现三座（即Ⅱ号城门、Ⅲ号城门、Ⅳ号城门）。

Ⅱ号城门（东门），位于东城墙自南而北约 170 米处。1958 年曾发现有路土、石块、石条等遗迹、遗物。在城门里 75 米处，有 10 号夯土遗迹，东西长 70 米，南北宽 35 米左右，这一遗迹可能与城门建筑有密切联系。

Ⅲ号城门（北门），位于北城墙自东向西 1800 米处。宽约 20 米，中间有路土。

Ⅳ号城门，位于“隔墙”中段，在武阳台西北 280 米处。城门宽约 15 米，中间有路土，路土向北延伸约 150 米（参见图 12－1－9）。

西城（即运粮河以西部分），由南、北、西三道城墙及运粮河构成。南城墙西起至中易水北岸消失。涉中易水，在中易水南岸发现一道南北向城墙，方向与中易水北岸的城墙方向一致，长 960 米，一直断断续续延伸到中易水南岸消失，长 2341 米。此段南城墙因中易水改道，遭到破坏（参见图 12－1－9）。

北城墙西起固村西南约 200 米处，东行至西斗城西，折向东北 471 米，又东拐 417 米，再折向南 450 米，曲折成一个斗形，全长 4452 米。

西城墙与南北城墙衔接，交角为直角，全长 3717 米。西城城墙保存于地面以上的颇多，淹没于地下的城墙，仍可在 0.5 米以下找到墙基，宽约 40 米。保存于地面以上的城墙，最高处仍在 6 米以上（图 12－1－10）。

西城城门仅发现一座，即Ⅰ号城门（西门）。它位于西城墙的中部，阙口宽约 30 米，中间有路土。

（二）城市的规划和布局

从整个燕下都的建筑基址、建筑遗迹、手工业作坊区、居民区、古河道、防御设施的分布来看，燕下都在营建之时，是以东城为重点作为一个整体，经过详细规划而建造的。西城，则是为了加强东城的安全而建造，是具有防御性质的附城。

整个东城四周都筑以高厚的城墙，构成了一个周长约 37 里的近乎方形的城址。它的南面有中易水，北面有北易水，东、西有沟通北易水和中易水的古河道，这样使整个东城成为一个河水环绕、形势险要的城堡。

燕下都东城的整个规划是以宫殿区内的Ⅰ号大型主体建筑（武阳台）为中心来进行设计和布局的。

燕下都的宫殿建筑：

1. 夯土高台建筑

（1）“武阳台”是宫殿区的中心建筑，也是夯土高台建筑最南端的一座。是燕下都所有土台基址中最大的一个，东西最长处 140 米，南北最宽处 110 米。高出地面 12 米（图 12－1－11）。下部高约 8.6 米，是原来的建筑遗存，基本上呈方形，基址北侧与“隔墙”夯土相连。

（2）“老姆台”是城北唯一的一座夯土高台建

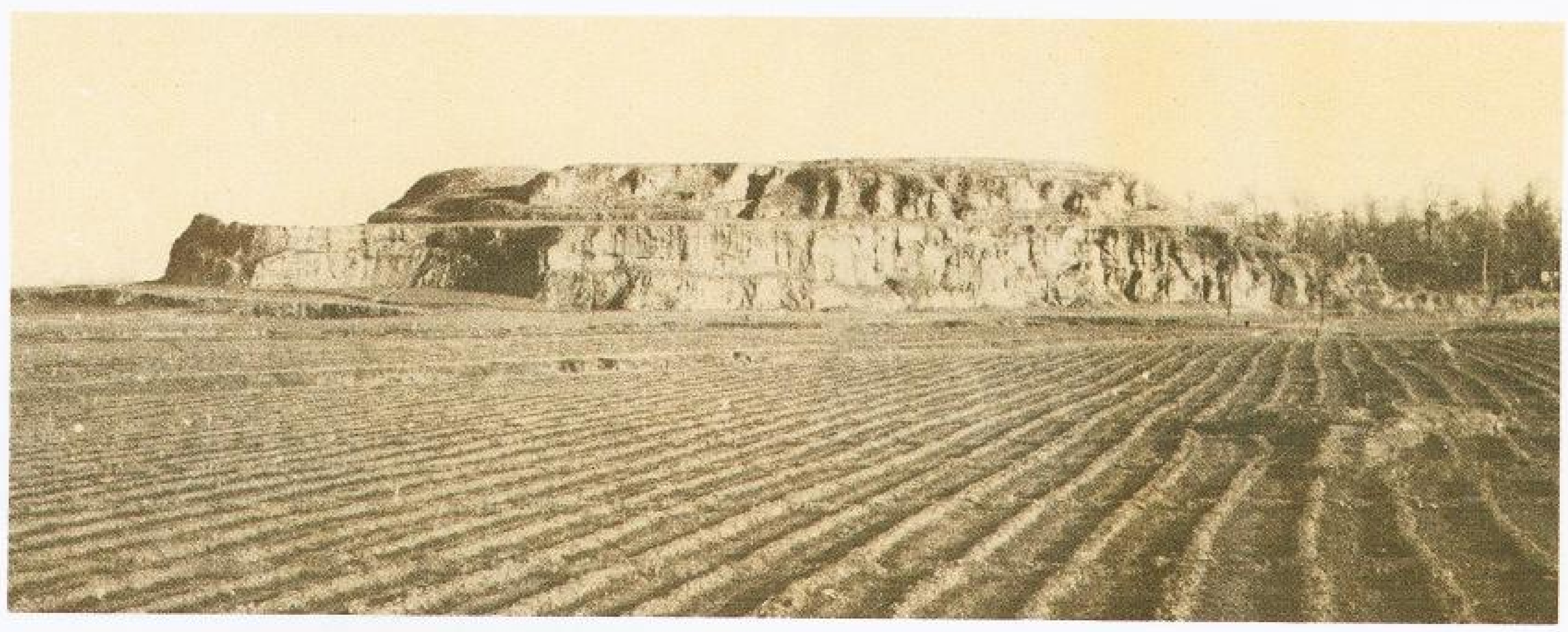


图12－1－11　燕下都 1 号建筑基址（“武阳台”西向）



图12－1－12　燕下都 4 号建筑基址（“老姆台”南向）

筑遗存，高出地面约 12 米（图 12-1-12）。平面呈方形，南北长 110 米，东西宽 90 米。下部高约 7 米，是原来的建筑遗存，以上部分是后代的建筑遗存。台基南侧中部地面以下，有南北长 50 米，东西宽 30 米的夯土遗迹。接近台基北端夯土深 2 米，南端深仅 1 米，夯土遗迹作斜坡状，并与 3 号道路相连，是当时人们登高的道路遗存。

（3）“望景台”在武阳台北 220 米处，因遭多年破坏，夯土残存很少。地下夯土范围东西长 40 米，南北宽 26 米。

（4）“张公台”在望景台以北约 450 米处，平面方形，长、宽各 40 米，高约 3 米。

张公台和老姆台周围，都有附属建筑。张公台以东 13 米以外有 11 号夯土建筑遗迹，东西长 80 米，南北宽 40 米。张公台和 11 号夯土建筑遗迹之间，有红烧土和瓦砾堆积。因此，11 号夯土建筑遗迹应是 3 号建筑基址的附属建筑遗存（参见图 12-1-9）。

老姆台的东北 160 米处，有 12 号夯土建筑遗迹，西南 3 号道路西部，有 28 号居住遗址。从 12 号夯土建筑遗迹和 28 号居住遗址的方位来看，它们是老姆台的附属建筑遗存（参见图 12-1-9）。

2.宫殿建筑组群

分布在武阳台东北、东南和西南三处，它们都围绕着中心建筑武阳台。每个建筑组群都是由主次分明的若干幢夯土建筑遗迹组成。

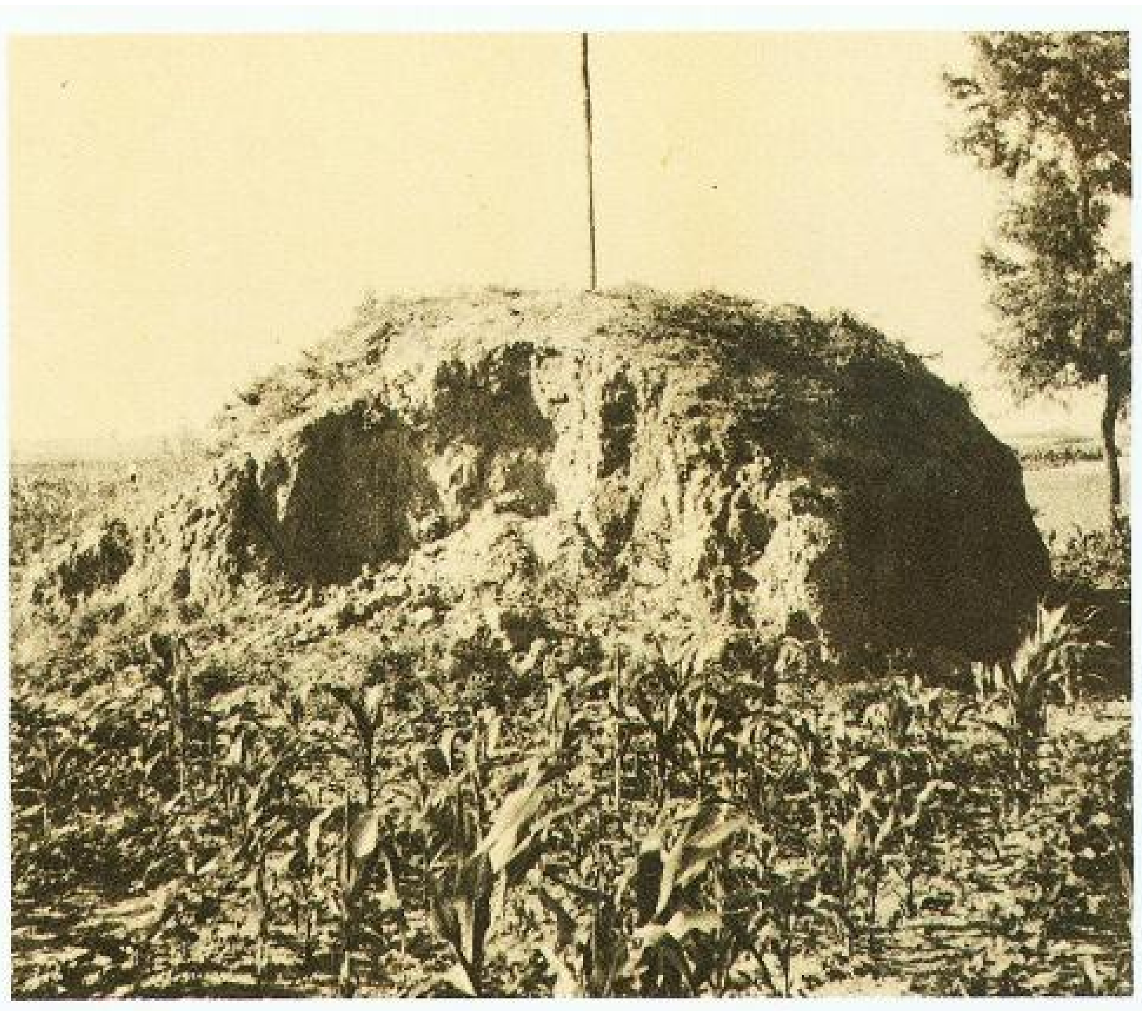


图12-1-13 燕下都 6 号建筑基址（“路家台”北向）

（1）路家台群组：以武阳台东南的 6 号建筑基址（路家台）为最重要的主体建筑（图 12-1-13），在这一宫殿建筑组群内的 4、7、8 号夯土建筑遗迹，即整体组合上西北角都留有缺口。反映了以武阳台为中心来进行设计的意图。

（2）老爷庙台群组：在武阳台西南，由 5、6 号夯土建筑遗迹和 25、26、27 号遗址组成。从它们的位置来看，在布局上占有重要位置。但绝大部分因取土破坏保存面积较小。

这两处宫殿建筑组群，应是燕下都内宫殿区的主要部分。它的周围北侧有东西横贯的“隔墙”与官办的军事手工业作坊区隔开，西侧和南侧有 3 号古河道与南部、西部的官办的手工业作坊区和“九女台”墓区隔开，东有城墙、4 号古河道为屏障，并有Ⅱ号城门以及加强防卫的一系列军事设施，构成了一个严密而坚固的城中之堡。

（3）小平台群组：位于“隔墙”北部，由 1、2、3 号夯土建筑遗迹组成。

这组建筑组群的 1 号夯土遗迹为凵形平面，是一种比较少见的建筑形式。

燕下都的宫殿建筑布局主次分明，排列有序，可想见当时的宫殿建筑是相当壮观的。

燕下都的手工业作坊的布局也是有特点的，为了宫殿区的安全，把官办军事手工业作坊（18、21、22、23 号遗址），设在宫殿区的西北部，由东西横贯的“隔墙”将其与宫殿区隔开，而其它的非军事的官办手工业作坊（2、4、5 和 11 号遗址等），则设立在 3 号古河道以南，由 3 号古河道将其与宫殿区隔开。

市民居住区（6、7、8、9、12、14、15 号遗址等），则规划在离宫殿区稍远的西南部。

10 号遗址，也是居住址。但根据近年来发掘出土的文物和它隔古河道与宫殿区相毗邻的位置来看，10 号遗址不是一般市民居住之地。

燕下都故城内的道路，已遭到严重破坏。考古部门在下都勘察时，仅发现有断续不连贯的几条，即 1、2、3、4 号道路。

1 号道路，位于西城墙中部，穿过Ⅰ号城门，向西延伸 425 米，向城里延长 750 米。它的最宽处约 7 米，最窄处仅 4 米。1 号道路是西城通往城外的一条主要道路。

2 号道路，在 1 号夯土建筑遗迹里。长 247 米、宽 85 米。它的北部跨出夯土遗迹约 50 米。

3 号道路，通过Ⅲ号城门（北门），宽 10 米左右，断断续续直通老姆台。

4 号道路，通过“隔墙”中段的Ⅳ号城门，向北延伸约 50 米。从走向观察，4 号道路可能与通过Ⅲ号城门的 3 号道路相接。是当时由城北的唯一大型建筑“老姆台”通向中心建筑区的一条主要的街道。

燕下都故城在选址之时，也周密地考虑了水源问题，并充分的利用了河道作为一种防御措施。因此，将城址选择在易水和中易水之间。同时，开凿了 1 号古河道和 4 号古河道（即城濠），沟通北易水和中易水，使下都的东城形成一个四周环水的形势，以捍卫东城的安全（参见图 12-1-9）。

2 号和 3 号古河道的开凿，首先对中心建筑区起了防卫作用。同时解决了靠近古河道的手工业作坊用水的水源问题。还用于漕运，方便了城市交通，并用作为城市的排水干道。

因此，1、2、3、4 号古河道的开凿，在城市规划上，占有相当重要的地位。

象燕下都这样规模宏大的、有条理的规划的城市，充分反映了战国中期以后，封建政治的强盛。

（三）城墙的夯土技术

燕下都故城的东城，绝大部分淹没于地下。西城城墙部分保存较好。1957 年冬，对西城城墙基作过发掘，城墙宽约 40 米，中部 8.5 米宽的一道夯土，其夯土层非常清楚，夯层厚 10—25 厘米。两侧的夯土则较乱，为分段版筑，每段宽 1.6 米，交接痕迹清晰可辨（图 12-1-14）。

城墙的筑法，系采用插杆和夹板夯筑。夯层厚一般在 8—12 厘米，最厚达 17—23 厘米。从南墙墙西段城墙的夯土平面观察，夯窝痕迹比较清楚，残存深度约 2 厘米。排列较密，且有叠压现象，部分夯层之间有铺平痕迹，这是为了夯打时避免湿泥土沾在夯具上的作法。

插杆和夹板夯筑痕迹，以西城墙南段和南城墙西段最明显。西城墙南段穿棍痕迹仅见于城墙上部，穿绳痕迹则上下都有，洞眼直径 7—10 厘米，最大的 16 厘米，它们的左右距离是 0.8—1.10 米，上下两行交错排列，间距约 0.50 米。保存绳眼痕迹最清楚的是一段南城墙，绳眼直径约 4 厘米左右，每 4 个为一组。这些绳眼的上下

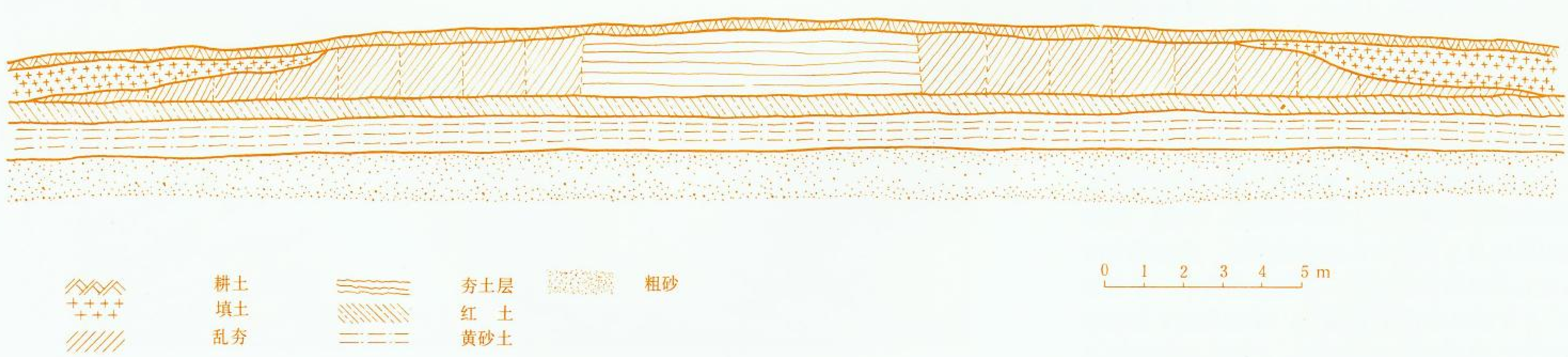


图12-1-14 燕下都西城墙墙基断面图

距离等于夯土层的厚度。在两端交接处，绳眼比较密集，间距为 6 — 10 厘米。

根据上述的现象推测，由于城墙太厚，不可能一次筑成，而需要由里向外，或由外向里，逐段加宽夯筑。在城墙的纵断面上就形成由并列紧密的几道夯土墙合成（图 12－1－15）。每一道城墙的筑法，可能是由两块上下排列的木板用绳从两端搅紧，绳的两头压于填土里边，然后打夯。夯完一层之后，把搅绳砍断，取下夹板，这样搅绳的两头便留在夯土里边。因此，现在有些绳眼里仍能看到禾草绳的残迹。另一个新的夯层开始，又把取下的木板向上移动，重新用绳搅紧，继而填土打夯。正是由于这样层层加夯和夹板逐层向上推移的结果，就使城墙的侧面上显现出的夯层的凹凸不平洞眼的痕迹，一般都是在城墙的上部发现，它可能是用来固定夹板的。

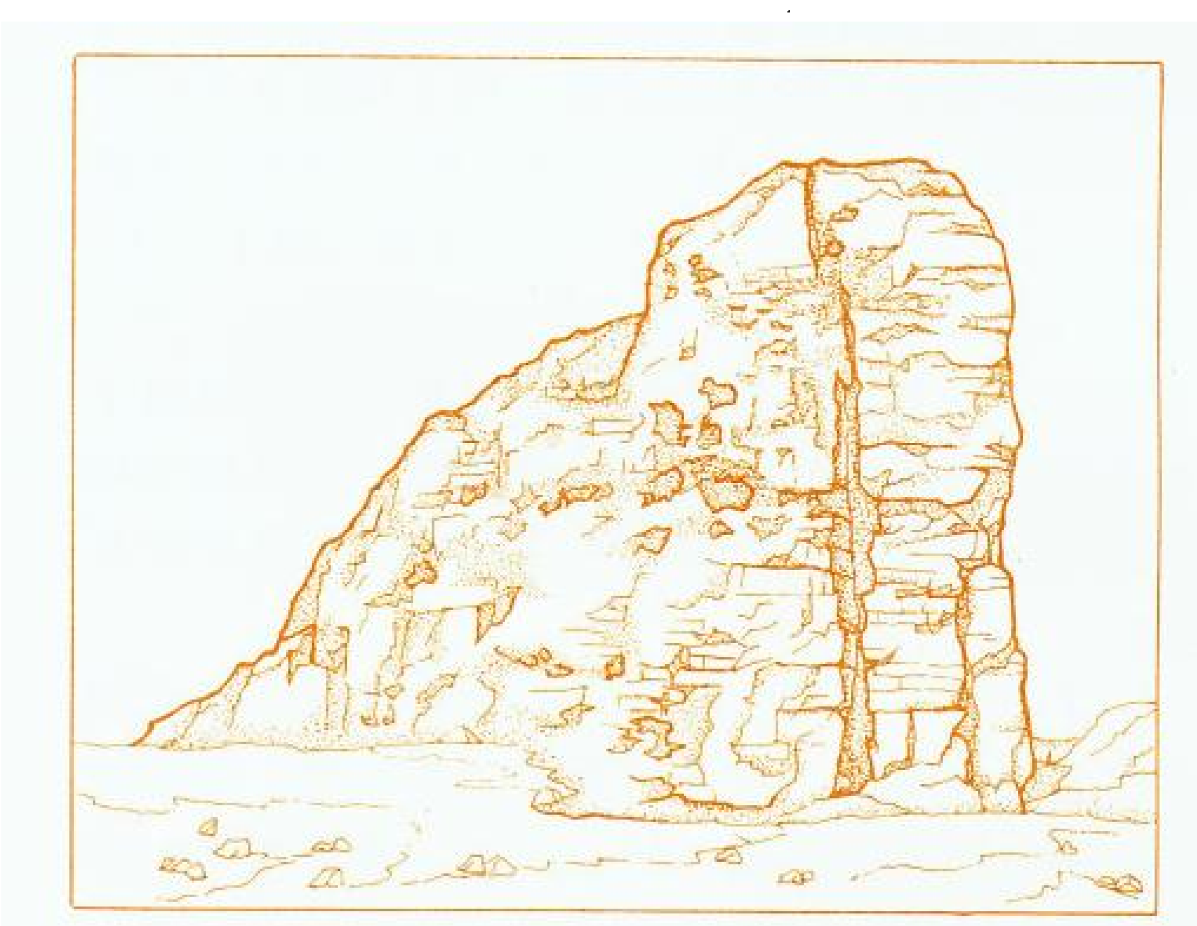


图12-1-15　燕下都城墙纵断面图

五　邯郸城

赵都邯郸故城，是春秋战国时期兴起的城邑。公元前 386 年，赵都由中牟（一说由晋阳）迁入邯郸，到公元前 228 年为秦所并，计 159 年，这里一直是赵国政治、经济、军事的中心，也是我国春秋战国以至汉代的繁荣都市。

（一）赵王城遗址及其周围的地形

邯郸位于太行山的东麓，东面是举目无际的大平原，西部为丘陵起伏的半山区。滏阳河自西向东而北，穿过市东，北流至献县与滹沱河汇流。另外在太行山东坡沁河自西向东，流经邯郸城，东注滏阳河。沁河即《水经注》中的牛首水。“白渠水又东又有牛首水入焉，水出县西渚山……其水东入邯郸城，经温明殿南……又经丛台南”。市西南又有一条小河——渚河，自西南向东北流经赵王城又转向东南，也注入滏阳河。邯郸的整个地形是西南高，东北低，西南一般海拔高度为 96 米，东北为 52 米，市内为 54 米。宫城遗址在现在市区的西南，距市中心约 4 公里，东距滏阳河约 2 公里。地处西南丘陵的东麓，遗址内也是西南高，东北低，其海拔高度西南 93 米，东北 67 米。

遗址内土层很薄，大部分地方在 0.3 — 0.4 米的耕土层以下，便是第三纪末第四纪初的红土层（俗称“老红土”），由于土层薄，尤其是西城土层更薄，故遗址内一般地区遗迹、遗物保存得较差，但由于基址坚硬，城墙、土台等建筑却保存得较好，经历两千多年的漫长岁月，仍然显示出当年的宏伟规模。

赵国统治者选择居高临下的地理位置作为宫殿基地，既便于统治，又可以防御外敌进犯，尤其可以避免水攻，这对赵国来说，是有历史缘由的。《史记・赵世家》载：“三国攻晋阳（赵都）岁余，引汾水灌其城，城不浸者三版（当时八尺为版），城中悬釜而炊，易子而食”。即公元 453 年，智伯率韩、魏攻赵，用水攻晋阳，在危急关头，赵串通韩、魏在前线倒戈，共灭智伯，赵得以幸存。赵统治者接受祖先遭受水攻的教训，迁入新都便选择较高地势，作为宫殿基地。此外，西城的北部有一条沟，称“水泉沟”，沟中有一股终年长流的清泉。在丘陵地带，有如此的泉水，也是建设宫城的理想条件。

（二）赵王宫城的布局

赵王城是赵都宫城遗址，它是由三个山城组成，平面似品字形。城内总面积为五百一十二万平方米。东城，东西最宽处 935 米，南北最宽处 1434 米。西城比较规整，近正方形，东西 1373 米，南北 1396 米。北城也近方形，东西宽约 1326 米，南北长约 1557 米。赵王城所存的十处地面夯土台及十多处地下夯土基址，其规模之大，保存之完整，是国内古址中罕见的（图 12－1－16）。

（1）在西城内规模最大的 1 号台——“龙台”为主体建筑，由龙台往北经 2 号台至 3 号台成一条中轴线，在这一中轴线的东北和西北，分别有 5 号台和 4 号台，在中轴线的两侧地下还残存着数处大型的夯土基址，即地下夯土基址 6、7、8、9 号，这是一组主要的宫殿群基址。

（2）城内在通往东西城的大门阙附近，南北对峙着 13 号 14 号夯土基台，在北的称北将台，在南的称南将台，在这两台之间有 16 号地下夯土台，在南将台的南面有 15 号地面夯土台和 17 号

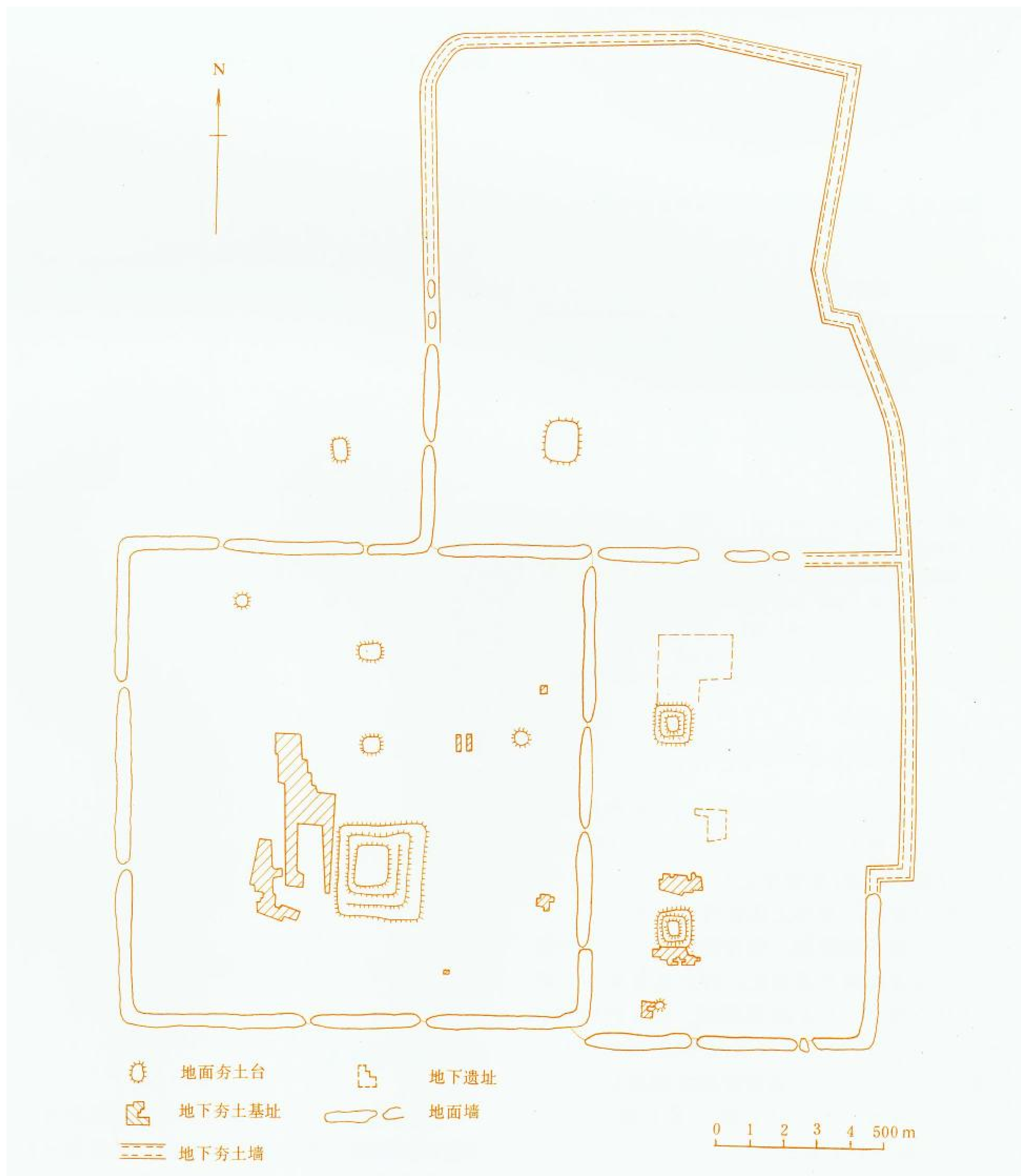


图12-1-16　邯郸赵王城遗址平面图

18号地下夯土台。这又构成了一组南北中轴线的大型宫殿群遗址。

（3）以北城的19号夯土台为主，与北城西墙以西的20号夯土台东西对峙。

遗址内大小土台和地下夯土遗址的表层及其周围都散布着大量的板瓦、筒瓦、筒瓦残片。土台及地下夯土基址，都经过认真的夯筑，夯层厚度为7—12厘米，与城墙夯层厚度及筑法基本相同。龙台以北的2号土台原系两层，下层上半部的东西两侧各有两行南北相对的柱础石及砖，础石间存有版筑的夯土墙址。北将台也发现了柱石础，直径为0.58，厚0.2米（图12-1-17），这些都是当时高大建筑的基址。



图12-1-17　邯郸赵王城7号台北将台石柱础

现存夯土台面积与高度

号数	俗称	长度（米） 东	南	西	北	面积（平方米）	高（米）	备注
1	龙台	305	265	265	260	74803	19	
2	茶棚	50	50	50	48	2450	6.4	
3	龟盖	43	60	53	65	3000	8.5	
4	张家冢	40	33	40	30	1260	6	
5	瞎子冢	45	43	45	43	1935	7.5	
6	北将台	117	117	120	117	13865	11.3	
7	南将台	113	102	110	105	11504	12	
8	沙冢	31	25	31	25	775	4.4	
9	王家冢	60	53	60	55	3240	9.5	
10	牛家冢	125	112	127	100	13356	8	

（三）赵王城与大北城的关系

邯郸在战国时代已是我国的繁华城市之一，邯郸之名史不绝书，但对这座名城的具体情况，却缺乏详细的记述，即使在赵都迁入后直至汉代，关于邯郸的建设，史书上仍然没有记载。

现在的赵王城遗址，在传说中都认为是邯郸古城，它随着赵国兴衰存亡，赵亡后邯郸中心便逐渐北移而发展为现在的邯郸城。旧日的地理著作及地方志书也误认为"赵王城"就是邯郸古城。如《嘉靖广平府志》载"邯郸故城在邯郸县西南八里，昔赵王所筑，呼为赵王城。"其它如《读史方舆纪要》等都有类似的记载。

新中国建立后对邯郸古城做了多次调查，获得了部分资料，尤其是1970年对市区地下进行了大面积的考查，发现在现在市区的地表以下，4—10米的土层中，存在战国至汉代丰富的文化遗物、遗址。其中有炼铁、烧窑遗迹及石器、骨器作坊遗迹。汉代文化层以上除宋元时代城址——"城里"及其它部分地方外，大面积地区都是淤水层，很少见到遗物，证明了邯郸自汉以后逐渐衰落缩小。这处遗址为春秋战国到汉代的邯郸古城，是毫无疑义的。为了弄清这座古城的范围，于1973年进行了市内地下大面积的钻探，寻出了地下夯土墙址长度九千余米。邯郸古城（以下称大北城）西壁与南壁的交角点，距"赵王城"东壁约80米，由这交角点往东为南壁，全长3000米，往北为西壁，西壁北半段向东偏斜。这座古城为不规整的长方形，南北约4525米，东西约3000米（图12-1-18）。

"大北城"的发现，证明了赵都迁入邯郸前，这里已经是一座具有相当规模的城邑了。此城战国时代曾有"五里之城，七里之郭"的说法。邯郸的大北城与"赵王城"两者在地理位置的布局上与齐都临淄极为近似，"赵王城"应该是赵都迁入邯郸前后所建设的宫城，而大北城应是邯郸古城，并成为赵都的一般手工业、商业区。这正符合传统的前者为"城"后者为"郭"之布局。

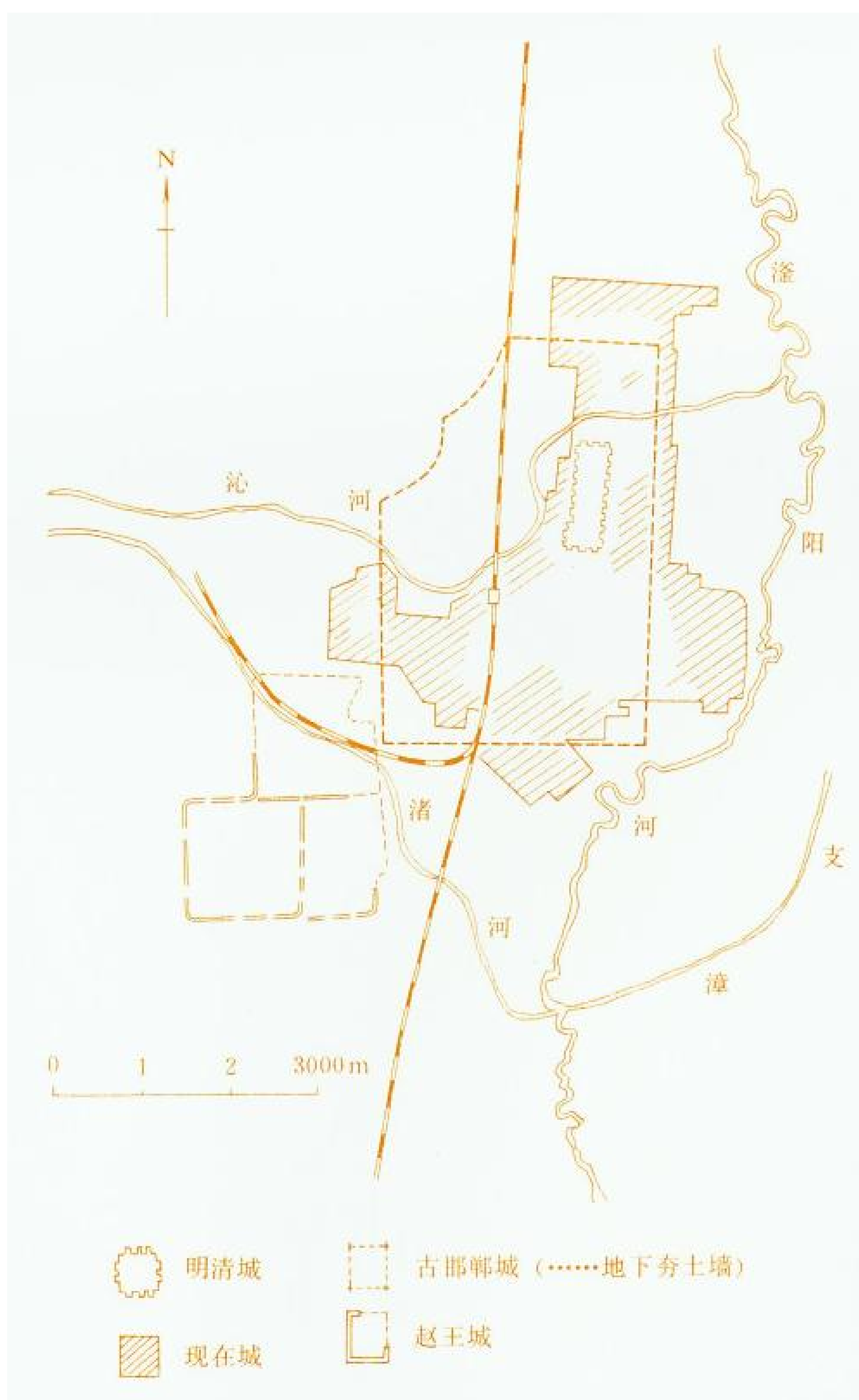


图12-1-18　邯郸古城遗址（大北城）

（四）建筑技术

赵王城遗址，经过两千多年的漫长岁月，绵亘起伏的城垣，巍峨挺立的土台，仍然显示出雄伟壮观的景象，这座古城能保存得如此好，除地处高阜、基址坚硬外，与选择用土和夯筑技术有着密切的关系。

遗址内城墙、土台，夯层都非常平整，大部厚度为6—8厘米，最厚的不超过12厘米（图12-1-19）。翻开夯层可清楚地见到密密麻麻的圆夯窝，夯窝直径4—5厘米，由于密夯，夯土的密度很大，坚硬结实。城墙筑好脱板以后，墙壁的两面再经过认真的拍打，拍打时垫着麻布。这可能是由于避免拍子粘了墙土，影响墙面平整，故墙的两边壁面留下轻微的锤窝及明显的麻布纹。墙的壁面陡直，斜度为5度，即在2.85米的高度中，墙一边的上下宽度只差0.25米。墙顶、城门的结构及防雨设备已无法考查，但城墙附近地表及夯土层外的土层中有大量的绳纹板瓦残片及部分筒瓦残片，钉稳等。应为墙上附属建筑或城墙防雨之遗物，尤其在门阙附近瓦片特多，墙址也特别宽大，证明城门处的墙上是有高大的建筑物。墙上及两面都有排水设置，在北城西墙中段的内侧发现了陶质排水槽，排水槽断面为"凵"形，每节长0.45米，宽0.5米，厚0.03米。在略大的一头内面距5厘米处，有两顶鼻（图12-1-20），排水槽嵌镶在靠墙面的上下坑道内。上一节套在下一节内的顶鼻上，层层套合，成为自上而下的流水槽，有了这样的排水槽，可以避免城墙被冲刷而损坏。排水槽残片在城墙附近经常发现。

土台、古墙大部分是黄黑土夯筑的，只有部分地方混杂着红、白土。黄黑土粘性大，经夯筑干固后，坚实耐冲刷，红、白土，质松怕水，可

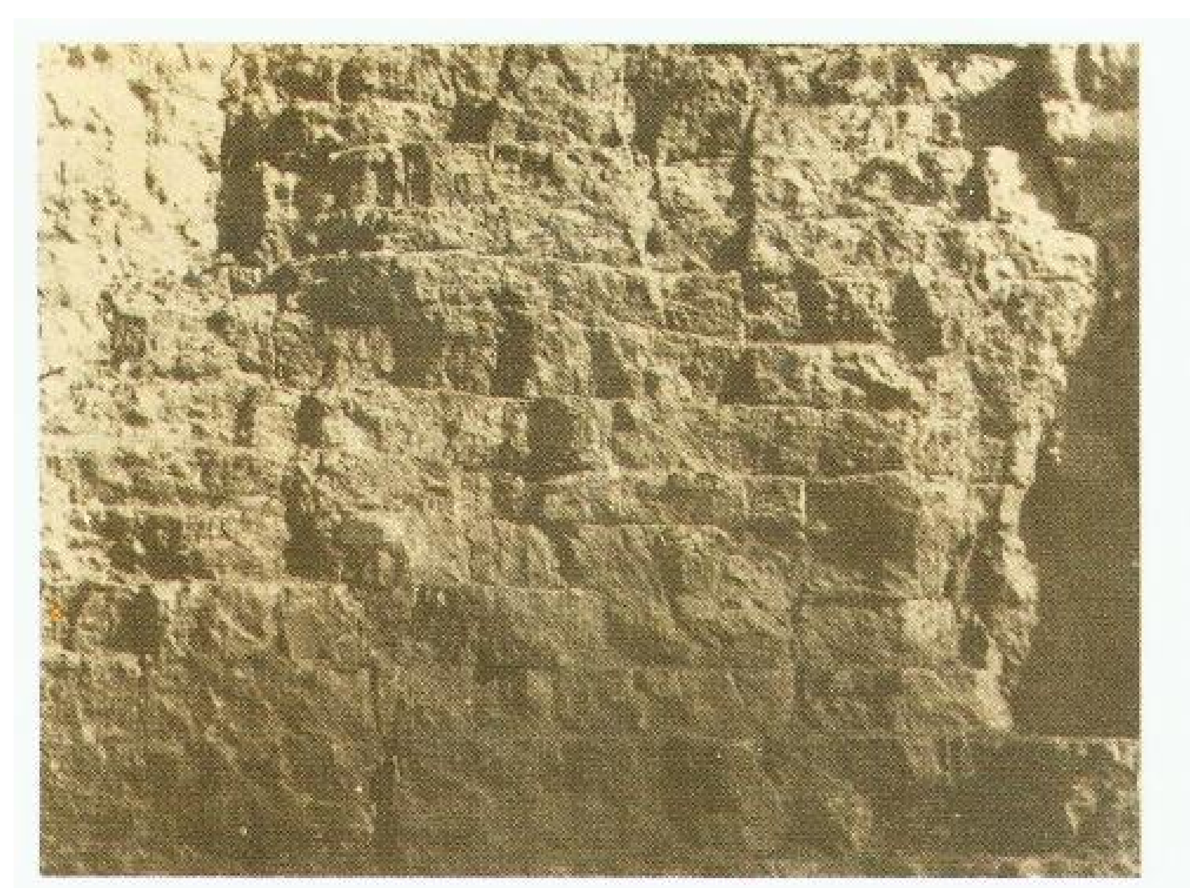


图12-1-19　城墙夯土

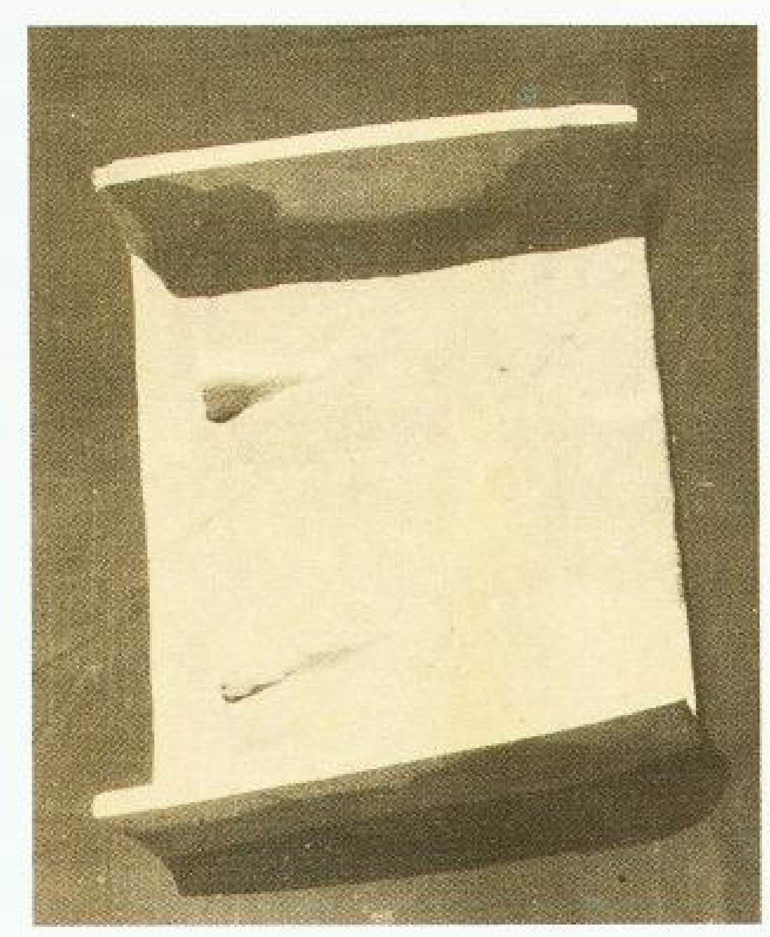


图12-1-20　排水槽一件

见当时对于用土选择是非常讲究的。由于周围黄黑土层很薄，故墙、台所用之土，大部分并非取之于附近。

城墙的底部宽度 16.40 米至 20 米（西城墙），最宽处达 30 米（门阙），就以赵王城的城墙来计算，三个小城夯土墙的总长度为 13200 米，平均高度以 10 米，宽度以 16.4 米来计算，总夯土量达 198 万立方米，在当时的条件下，能完成这项大的工程，说明了劳动人民艰巨劳动和伟大力量。

第二节　汉长安城与洛阳城

一　汉长安城

长安是西汉王朝的都城。西汉王朝在秦代的基础上巩固和发展了统一的中央集权制。在我国封建社会初期，西汉是一个疆域广大、经济发展、文化发达的强盛王朝。当时的长安是全国政治和文化中心，也是全国最大的城市。秦代都城咸阳因秦朝短促，未及规划建设，汉长安是封建统一时期第一个大都城。

汉长安城的遗址在今西安市区西北约 10 公里处。根据现在的实测，城的总面积约为 35.8 平方公里（图 12-2-1）。汉长安城不是一次计划建成的，而是逐步发展形成的。

西汉初，公元前 200 年（汉高祖七年），修建以“未央宫”为主体的“宫城”。公元前 192—189 年（汉惠帝三年至六年）兴建并完成长安城垣工程。一说始于公元前 194 年（汉惠帝元年）。现据《史记》记载：“汉惠帝三年，方筑长安城，四年就半，五年六年城就。”

西汉如同其他封建王朝一样，重视都城的选址。从政治上、经济上、军事上选择建都最好的地点，考虑到优越的地理条件和可资利用的原来城市建设的物质基础。

关中自周秦以来，农业生产较为发达，秦在关中平原中部开拓耕地和兴修水利的结果，建立了可供最大的封建消费城市给养的条件。从地理条件看，长安北临渭河，并有秦筑之长城，南面有秦岭山脉，西部为陇西高原，东部为函谷关，几面都有险可守。因此，古代文献把经济上、军事上的有利条件概括为：“因秦之故，资甚美，膏腴之地”；“阻山带河，四塞以为固”。

秦代“咸阳”原建于渭北，后来逐步向南发展，跨渭河两岸，汉初仍一度统称为“咸阳”。汉长安城内的“长乐宫”宫殿群，即在秦代的一区宫殿的范围内扩建起来的，它成为城始建的基础。

“未央宫”修建之初，进行数年的楚汉战争仍在继续，成败之局未定。“未央前殿”系与北阙、东阙、武库、太仓同时兴建。

汉初，社会经济由衰退走向繁荣，生产力由停滞走向发展，时间大约经历了 70 年。等到各方面都得到恢复发展，宫室苑囿更超秦愈甚，营造日广。

公元前 138 年（汉武帝建元三年），“开上林苑……濒渭水而东，方三百里”。苑中物产丰美，

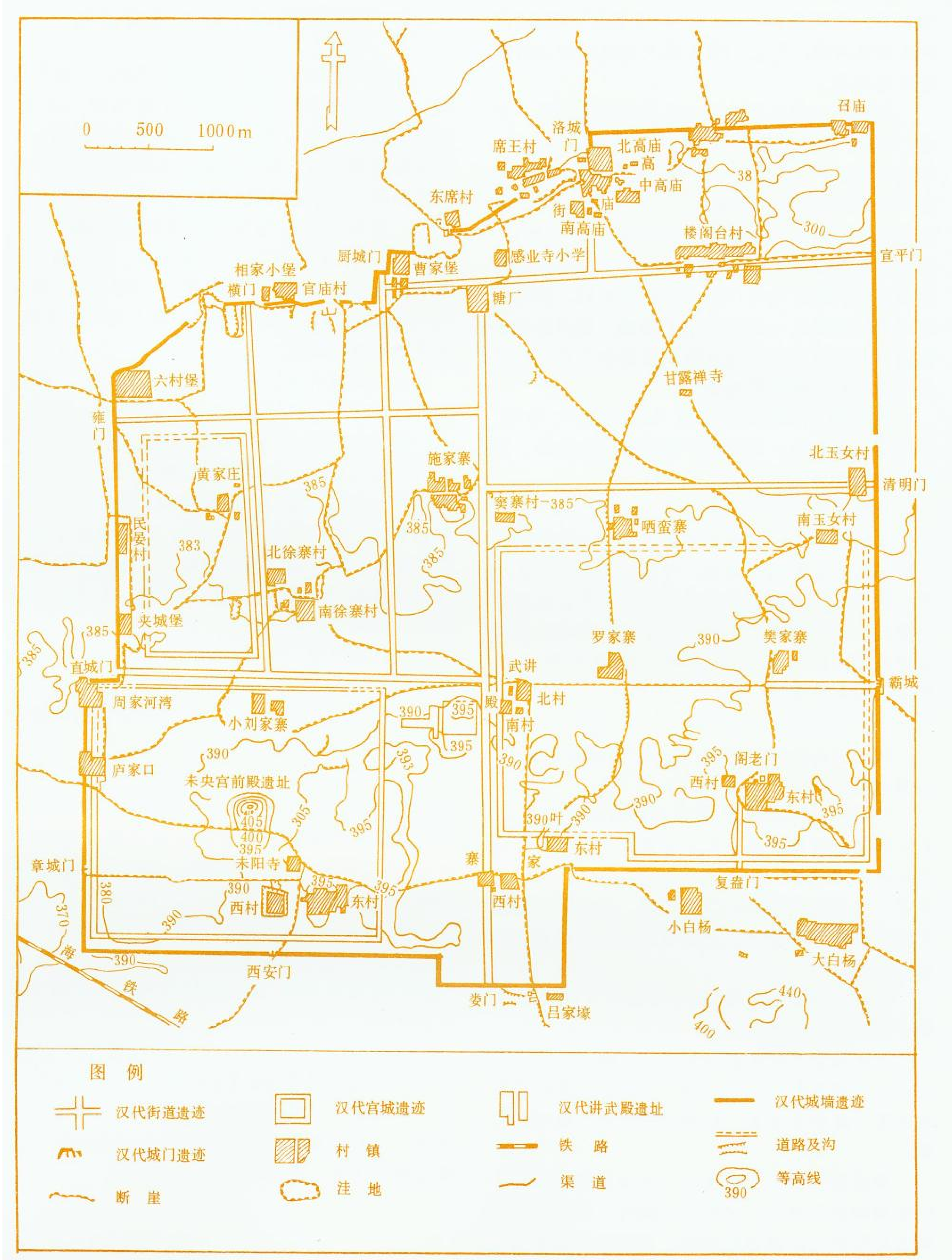


图12-2-1　汉长安城遗址探测范围及地形图

以此来供给皇室一部分的资用需求。

至西汉中期，长安城内有几区规模宏大包罗各类型建筑的“宫城”（长乐宫、未央宫、明光宫、桂宫等）和城外的“建章宫”都仍然在修建和扩建，同时长安城市的建设也次第完成。

（一）汉长安城内各宫城

现经考古勘查清楚的有长乐宫、未央宫和桂宫。长乐宫位于长安城的东南部，宫城的形状近方形，除南墙有一处曲折外，各墙都作直线。宫墙也是版筑的夯土墙，宽度超过城墙，达 20 多米。宫城的东墙距离城墙只有 50 米左右。长乐宫是汉初在秦“兴乐宫”的基础上扩建的，比未央宫稍大，周长为 10600 多米。

未央宫位于城的西南部，宫城的形状亦近方形，其西墙距西城墙仅 30 米。宫城周长 8560 米。其中宫殿的建筑轮廓，在现在的地面上已经很难看出它们的痕迹，所能看到的只有未央宫的前殿（在今马家寨村北）以及相传为“石渠阁”、“天禄阁”（在今柯家寨和小刘寨）等数处台基遗迹。其中的未央宫前殿台基南北长 200 多米，东西宽为 100 多米，北端最高处达 20 余米。武库的遗址即在未央宫的东边，安门大街以西 90 米处，今大刘寨村东高阜处即是。

桂宫在未央宫之北，宫城为长方形，南北长

1800米，东西宽880米。此外“北宫”、“明光宫”尚未勘查清楚，但它们的位置大约都在未央宫和长乐宫之北。

整个城市的布局，现在还没有完全了解。不过，从几年来的考古发现，似可作出概括的认识。城内中部和南部，布满着宫殿、官署和官僚的“府第”，占据面积约达全城的三分之二以上。这些大型建筑群的本来面目现已不得而知。但可以肯定，当时的建筑技术，已经达到了相当成熟的阶段；我国整个封建社会时代的巨型建筑组群，其布局形式也已经在这一时期奠定了基础，城内的排水设施——如发现的五角形陶质管道的分布，似乎也已经具有全城性的规模。

城内西北部地势较低，是当时官府手工业区。六村堡、杨家巷一带发现有规模很大的制陶、铸钱作坊等遗迹。

大规模的官府手工业作坊和巨大的宫殿区，使长安城主要成为帝王与贵族官僚的专用城市。一般居民只能集居于北部，特别是集中在东北一隅。所谓居民，可能多是官工家属或从各地迁来的豪富，真正的劳动人民恐怕不多。文献上经常提到长安九市，一百六十闾里（如《两都赋》例），看来是值得怀疑的。

汉长安的规划布局有以下一些特点：

城址的地势南面较高，东南最高而西北低平，向渭河之滨倾斜。

“未央宫”主体建筑，作为封建政治统治中心，放在城内西南部全城最高的位置上。利用天然地形加以人工培修，将宫南丘陵低洼处，挖成壕堑更进一步加高了“未央宫”的地势，使之利于俯瞰全城动态，便于防守。此即文献所述：“因龙首山以制前殿。”

古代文献称汉长安“城形似北斗”，指出这个城市外形是不规整的。

因为建立之前先建未央宫，它的非常庞大的宫城占全城面积五分之一强，受到上述现状的影响又限于地形及水系，故城垣曲折呈不规则的轮廓。

现在实测汉长安城遗址，城墙曲折的情况，以北面城垣为最甚，曲折向东斜行，基本上可以确定是随着当时河道的走向。西汉长安原来规划和主持修建工程的阳城延是军匠出身，他从实际出发结合地形，比较全面地考虑了这个城市的建设问题，给以合理的解决。

由于庞大的“宫城”位于城区的中心，使原来对直的城门（东面的霸城门原来正对西面的直城门）中间不能直通道路，城市内部道路交通不可避免地受到阻塞。这样以大宫殿群为中心，依朝宫之次而定位的布局，正是汉长安以及后代封建都城规划上很大的特点。古代文献所强调的内部组织联系，如“兼市中区”或“街衢洞达”，是有很大的局限性，只能在较小和局部的范围内加以实现。

在城市规划中，“街衢相径”是中国古代行之已久的布局形式。文献所列，“三条广路”与“十二通门”相连，既说明城门与道路相连的关系，又反映了都城布局的宏伟。

(二)汉长安的筑城工程及市政设施

据实测的结果，汉长安城的平面，大致为方形。其四面城墙若全线拉直其周长为25,100米，相当于汉代的里60里强。可以确定这个轮廓上不甚规整的城，其大部分城墙的方向都接近于磁针的正方向。其中东面的城墙全长约6公里成一条直线。汉长安的城墙全部是版筑的土墙，当时“尽凿龙首山土为城”。因土质良好，夯打结实，残存部分非常坚实。城基底宽为16米左右，里外均与地面成79度角向上斜收，因上部已经倾毁，无法测出城墙高度。

汉长安城对外共开十二门，每面三门，现经勘查已全部确定其位置。

城门的名称，参考《三辅黄图》已经全部落实。

东面的城门，由北而南是宣平门、清明门和霸城门。南面的城门，由东而西是覆盎门、安门和西安门。西安门北对未央宫，安门北对武库，覆盎门北对长乐宫。西面的城门，由南而北是章城门、直城门和雍门。北面的城门，由西而东是横门、厨城门和洛城门。

东汉晚期城门的形制见于画像石“函谷关东门图”，表现了城楼和我们的造形与结构。其下部结构不象明清的城门那样还没有由砖券构成的半圆形门洞。考古发掘证实了这一点。

总结汉代城门的做法，是在夯土的门道两侧沿边密排几对柱础，在其上立“排叉柱”然后上梁（现在已发现有很多柱础仍保留在原来的位置上），木梁据推断也是密布的，再在其上修建木结构的门楼。

在1957年，先后发掘的霸城门、西安门、直城门和宣平门，这四个城门都是“一门三道”，门洞的宽度约为8米，除去列柱结构所占位置，净宽为6米。

在霸城门内发现当时的车轨，宽度为1.5米，每个门洞的净宽为车轨的四倍即6米；每座城门有三个门洞，合为车轨的十二倍。以车轨定城门宽度，这是科学的设计依据。以上说明城制与道路交通的关系（图12-2-2）。

在宣平门和直城门两处，并列的三个门洞中间各相隔4米，在西安门和霸城门两处，门洞的间隔为14米。间隔愈大则整个城门就愈显得雄伟。西安门和霸城门可能是正对着通向未央宫和长乐宫的宫前大道上，所以在形制上有所着重。

汉长安城的街道，如果我们留心观察一下长安城遗址内的地形，便会发现当时通往各城门的街道还保留着笔直正平、经纬分明的痕迹，经过勘探，这些街道已被证实。西安门以北的大街，是一条贯穿南北的中心轴线。它恰好把长安城划分为东西两半。在南城东边的是长乐宫，西边的就是未央宫，两宫相去一里。

(三)关于“市、里”的地位和位置

虽然“市”和“里”在汉长安城规划中均不占重要地位，但还是依分区规划修建的，各有固定的区域，两者合占全城面积的三分之一（皇宫、贵族府第合占三分之二）。

汉长安的设市，主要是容纳已经发达的商业和安排官府手工业作坊，而进行集中管理，所以在市中有“市楼”、“令署”（管理机关）之设。据考证，“市”的位置在长安城内西北区，那里地势略低，接近渡口，对外交通便利。

汉长安城内居民区，建筑密集，“室居栉比”。划分为“里”，“门巷修直”，有里门朝夕定时启闭。这样的“里”，据记载当时在长安共有一百六十，分布于城内东北区，后来可能扩展到城区以外。

市区和民居不相掺杂，反映了我国古代有计划的建城中功能分区的关系。

城市对外通漕运和向城市供水是封建大都城规划建设的重要问题，汉长安已给以较好的解决。

（1）开漕渠：这个封建消费城市给养的主要来源是靠槽运，因此必须使“通漕之流”畅通无阻。

公元前129年（汉武帝元光六年）确定了一个“穿槽渠通渭”的计划，由水工徐伯测量定线。新线“起长安至河三百余里”，用人工“数万……三岁而通”[3]。

新渠工程完成后，不仅扩大了运输量并缩短

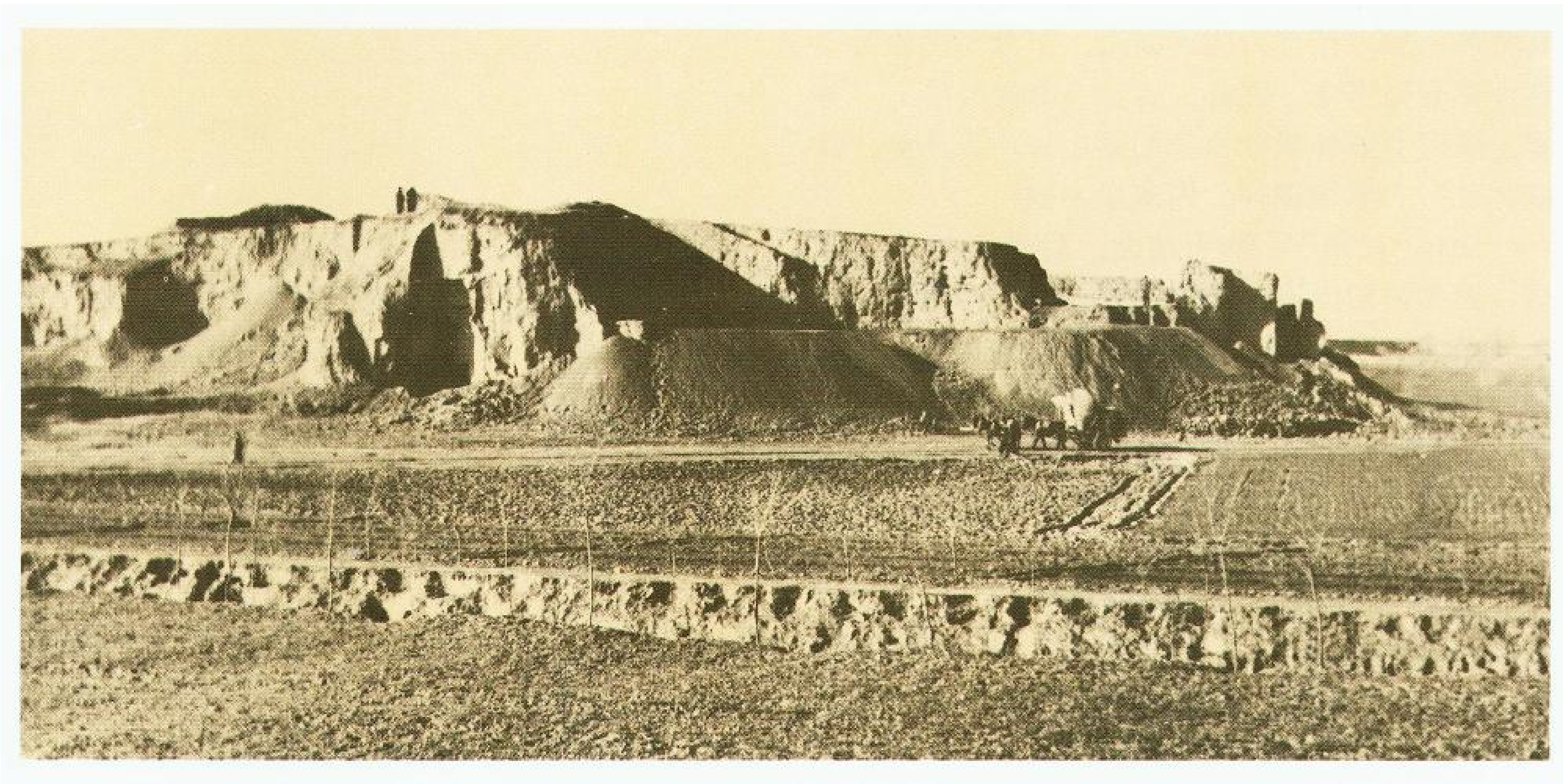


图12-2-2 汉长安城霸城门及其附近的城墙

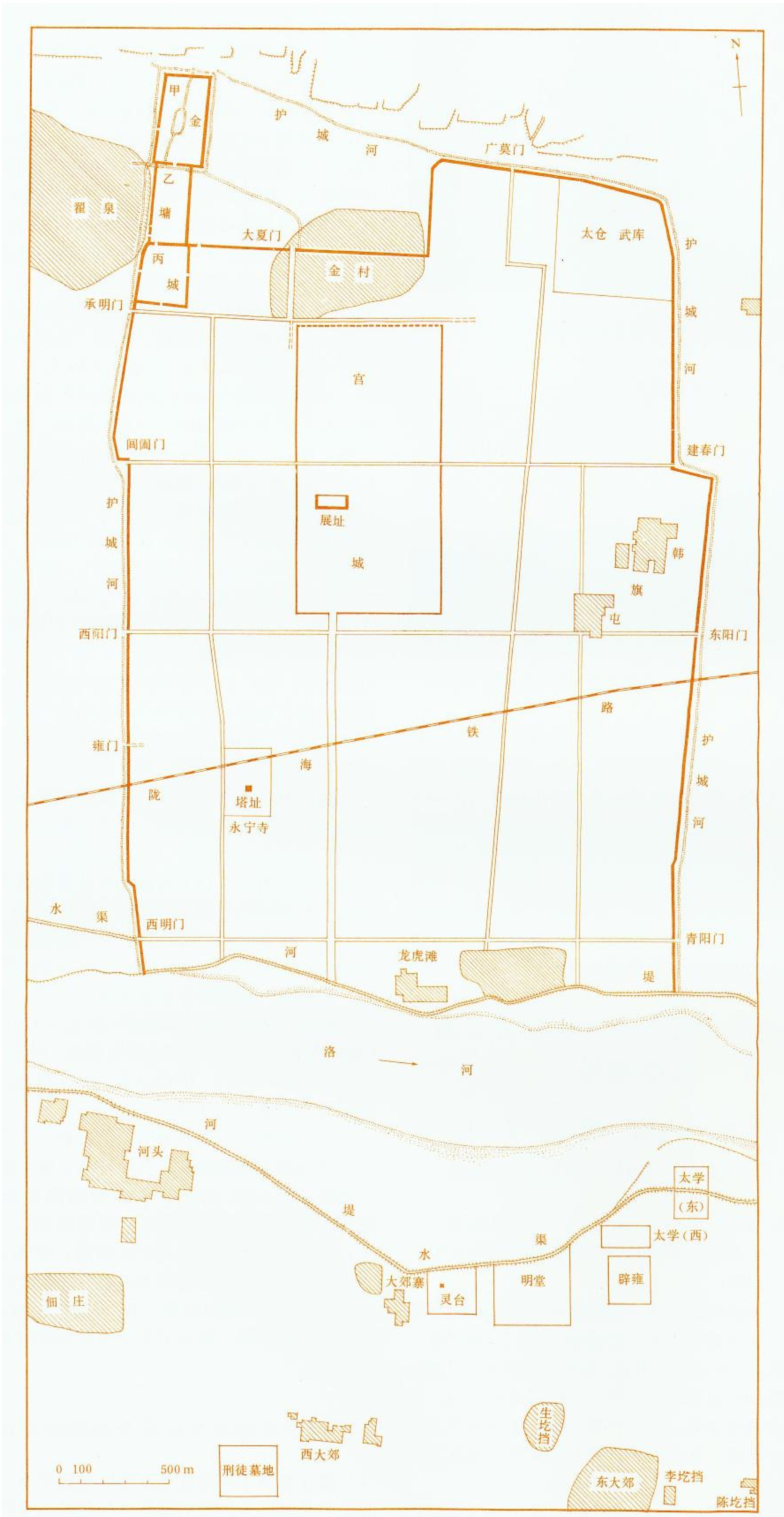


图12-2-3 汉魏洛阳城平面示意图

了运距，而且还可以引水灌溉河渠下游的万余顷农田使之受益。

（2）开凿“昆明池”：由于渭河流量变化不定，因此需要在漕渠的上游开辟水源，贮水以补充河运所需的水量。便开凿了最早的人工湖——“昆明池”。

此外，“昆明池”还向城市供水，成为给水工程建设的一个组成部分。汉长安城内用水原来只靠流经城西的小河潏水供给，后来城市发展需要开辟新水源。

公元前120年（汉武帝元狩三年）在城的西南开凿“昆明池”，周围10公里，组织包括潏水在内的水源，修坝阻洨河水使之改流入昆明池以为贮备，然后由其他渠道引水入城。由于长安外围水系的复杂，水源地的确定也是同样繁难的工作。用水库为城市供水在城市建设中是重要的发展。

二　东汉洛阳城

洛阳是东汉王朝的都城（图12-2-3）。当西汉王朝建立之始拟议建都时，曾将洛阳与长安的综合条件加以比较，以后便舍弃了洛阳而定都长安。后来在整个西汉时期，洛阳发展为手工业、商业发达，道路河渠四通的全国有数的大城市之一。在西汉末年农民大起义中间，东汉王朝建立起来，这时因为全国政治和经济形势的变迁，便定都洛阳，从此洛阳成为当时全国政治和经济的中心。

东汉洛阳城的遗址在今洛阳市区以东约15公里处。东汉所建的城（考古界称之为“大城”）位于邙山与洛水之间。在一片微向洛河倾斜的坡地上，地面天然坡度有助于城市向洛河之滨排水。这一带山川形势优越：南对伊水、洛水平川，背山面水。东汉洛阳城平面略成矩形但不甚规整，经实测其周长约14公里。

洛阳的地理位置，为周代成周城的位置。古代文献指出：“周代‘洛邑’，为中国之中，四方道里适均”。以洛阳为中心进而可以控引华北平原与江淮流域广大地区。

若从军事地理形势来观察，则洛阳是得失互见：它处于“天下之中，当秦陇之襟喉，狭 淆黾之阻”（意即处于由关中至中原的通路上，又有险可守）。又因其处于冲要的地方，不可避免地成为“四战之地”，每当天下有事，“洛阳必先受兵”。

都城规划最重要问题在于“选址”，以东汉洛阳为例，设都建城时必须满足以下要求：

（1）作为全国最大的封建消费城市，它拥有大量的消费人口，因此谋求供给成为重要问题。为了就近自给，则城址必须选在农业发达的地区。为了取得全国的供应以求资用富足，必须位于水陆交通的中心，漕运易集的地方。

（2）作为封建统治的中心和设防城市，它必须“依山川、凭险阻”以为固。洛阳的军事地理形势是：外有山河关塞之阻，城址所在“南系于洛水，北因于邙山”，其地势也有利于防守。

东汉洛阳城在我国古代城市建设史上占有重

要地位。它的形制可能是取法于周代王城之制，它为后代封建都城规划提供了经验。

最早的文献记述汉洛阳，如同长安一样，城内的主要道路“四向通达（通向四面的城门），以相经纬”。这就基本确定了这个城市的轮廓与整体结构。

经考古发掘，现在只有南面城垣，因洛河北移没入河床之中，受河水的冲刷而湮没外，其它三面城垣都有明显可见的残存，其中北垣东段和东面城墙都保存较好，残垣高达5—7米不等。

据《续汉书》记载，洛阳有主要街道二十四条，现在已找到其中的八条。关于城门的状况，除南面的城门因没入洛河中，已无法勘测外，其它原属于东汉故城的东、西、北三面的城门的位置都已经找到。东、西、北三面各有汉代遗存的城门——北面有二门，东面和西面各三门。

城门名称以东汉名称为准；西面由南而北为广阳门、雍门和上西门。北门由西而东为夏门和谷门。东面由北而南为上东门、中东门和望京门。东西两面城门互相对直的情况，比汉长安城尤为明显。

东汉洛阳的宫城（即北宫）大致位于城的北半部，而偏于纵轴线的西边。全城东西直通的主干道有一条横贯宫城；另一条由中东门至雍门的干道则横越宫城的南面，在这里又与纵轴中心干道相交，自然形成一个“宫前广场”。这种宏大的布局手法与基本规格，对于后代封建都城的规划与建设均有直接的影响。

据考古勘测钻探的结果，东西向和南北行的主干道，其宽度都达到40米以上。《太平御览》记载：“宫门及城中大道皆分作三，中央御道”。考古实测出的道路宽度，符合于“广路之设”的标准。《三辅决录》对“分道而行”作这样的解释：“左右出入为往来之径，行者升降有上下之别”。说明了中国古代都城规划中对城市交通的要求，“三线”是有分工的。从已勘查的纵横各四条的干道走向判断，“棋盘式”的街道系统已经形成。东西向的干道有三条直通东西两面六个城门，道路互相平行。可以设想汉代“两都”的街道系统属于相同的形制，都是以“广路”与“通门”相连属。若把城中“三线”并行的大道引向所通的城门，则洛阳城门的形制也必定是“一门三道”。

由于我国长期封建社会对于都城规划的要求，历代并无根本的改变，因此上述的“选址”经验是有普遍意义的。现经勘查东汉洛阳城垣全部为土城，因土质细密，夯打结实、经久，显得十分坚固，反映了当时的施工质量与技术水平。现在在已经剥落的城墙表面上留下很多清晰可辨层位的版筑施工痕迹——有“竖缝”、“夯层”和插杆的洞眼（图12-2-4）。现存的残垣，夯层厚薄不均，由7—12厘米，根据初步钻探的结果，发现其墙厚在各面城垣也不一致。北垣最厚（约

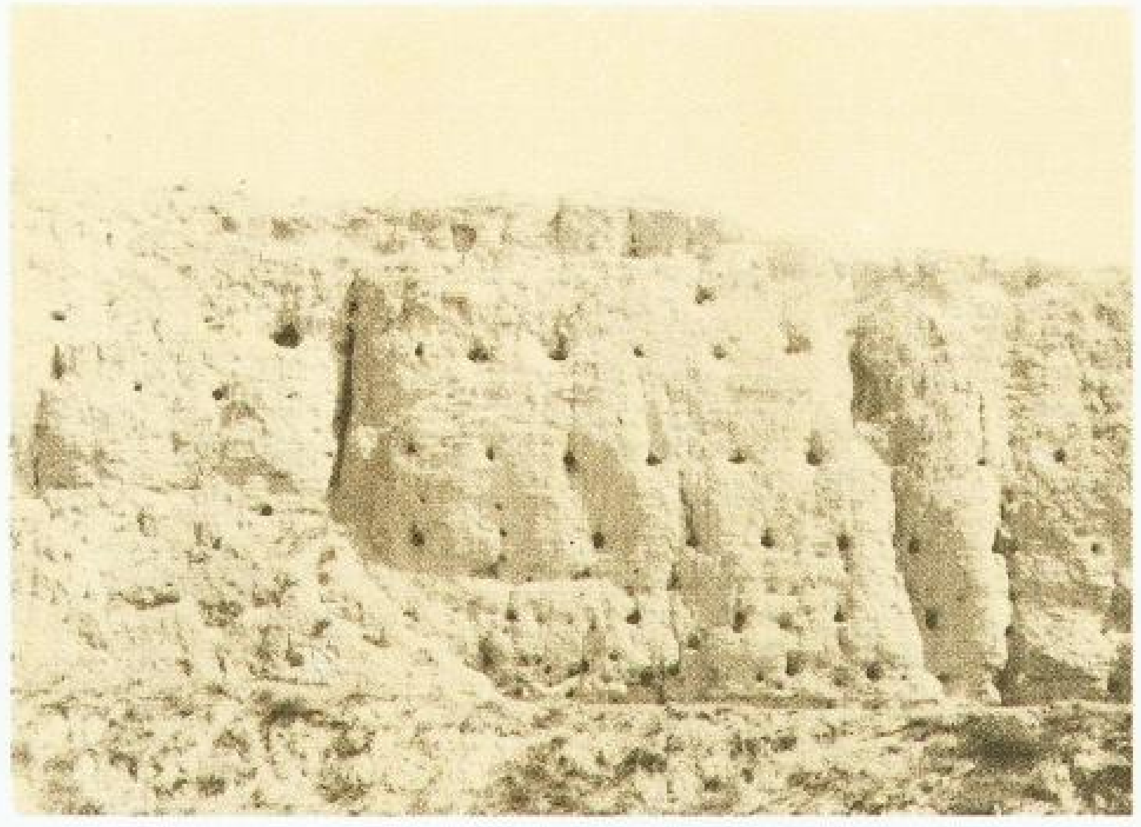


图12-2-4 （1）汉魏洛阳城北垣墙东段



图12-2-4 （2）汉魏洛阳城西垣墙北段

25—30米），西垣次之，东垣最薄（大约只有北垣之半）。其厚薄差别如此之大，在一般筑城规范中（总是要求各面城垣有同等的强度）是不容许的，至于城土来源，运土远近和土方平衡的某些原则也许对设计尺寸有一定的影响，但也不容许所筑之城各面城墙厚度有过大的差别。唯一的可能是因为城垣在历史上形成的特点总是前后相因的，洛阳汉城厚度不均的情况可能由于部分地利用原来成周旧城的基础所致。

第三节 隋唐大兴城（长安城）与洛阳城

一 大兴城（长安城）（图12-3-1）

（一）大兴城（长安城）的创建和布局

隋文帝开皇二年（582年）六月命高颎、宇文恺等人在汉长安城东南的龙首原设计新京城，谓之大兴城。

大兴城规模浩大，规划整齐，面积达83平方公里。大兴城分郭城、宫城和皇城。宫城先筑，皇城次之，最后建外郭城。郭城内由若干条东西、南北向的街道划为若干坊。郭城内遍布官府、王宅、寺院和道观，东西各置一市，还开凿了三条水渠。宫城、皇城位于郭城北部正中。再北为大兴苑。

大兴郭城东西广9721米，南北长8651米，周长约35.5公里。郭城内有南北向大街十一条，东西向大街十四条。其中通南面三门和东西六门的六条大街，是大兴城内的主干大街。这南北十一条、东西十四条的街道，除宫城、皇城和两市外，把郭城分为一〇八坊。这一〇八坊以中央的南北向大街朱雀大街为界，东属大兴县，西属长安县。各坊面积大小不一：靠朱雀大街西侧的四列坊最小，南北500—590米，东西宽558—700米；位上列四列坊之外迄顺城街的六列坊次之，南北长度同前，东西宽则达1020—1125米；皇城两侧的六列坊最大，南北长660—838米，东西宽1020—1125米。城内诸坊除靠朱雀大街两侧的四街坊，因北向皇城，每坊仅开一条东西向街道外，其余各坊都设十字街，有东西、南北向街道各一条，街宽15米左右，两端开坊门。此十字街据《两京新记》可按位置分称东街、西街、南街、北街。坊四周筑夯土墙。墙基宽2.5—3米左右[4]。

《两京新记》和《长安志》记录坊内分布的府、宅、寺、观方位的用词，分四类情况：第一，□□隅；第二，北（南）门之东（西）；第三，西（东）门之南（北）；第四，中字街东（西）之南（北）。据此似可估计每坊内各又划为十六区[1]。

各区间除十字街外，还有“巷”相隔。大约在唐天宝年间以后，区内发展了“曲”，曲有“北曲”、“中曲”、“南曲”（《北里志》）“小曲”（《太平广记》卷四八四引《异闻集》）、“短曲”（《剧谈录》卷上）之称，也有按顺序的叫法，如“永昌坊入北门西回第一曲”（《入唐求法巡礼行记》卷四），有的曲还有了俗称，如靖恭坊的毡曲（《酉阳杂俎》续集卷五）、胜业坊的古寺曲（《太平广记》卷四十八引《蒋坊霍王小传》）等。

城内各坊基本是居住区，全部面积占全城八分之七。和汉代都城相比，隋大兴城居住区明显扩大，这当然与其经济、文化发展有关，但从其设计意图推测，大约主要还是承袭曹魏以来的都城为了直接控制大量人口的需要而规划的。大兴城修建于开皇二年（582年），当时全国还未统一，隋统治者力图直接控制大量人口，开皇九年（589年）全国统一后这种作法意义就不大了，所以一直到盛唐，郭城南部四列坊仍“率无居人第宅”，“虽时有居者，烟火不接，耕垦种植，阡陌相连”（《长安志》卷七）。中唐以后，永达里还有园林深僻处（《旧唐书·王龟传》）。

大兴城两市，东曰都会，西曰利人，对称地置于皇城外东南和西南。各占两坊之地，周建夯土围墙，开八门，内设井字街道和沿墙街道。管理市场的市署和平准署位于井字街当中[5]。

两市内“四面立邸，四方珍奇，皆所积集”（《长安志》卷八）。两市是大兴城内手工业的集中地区，从其位于城内中部以北，接近宫城和街署，可以推知两市的工商业主要是为贵族官僚集团服务的。

（二）从大兴城的布局看全城的防卫措施

隋王朝为了巩固自己已经取得的权力，维护自己的安全，又极力加强皇室居住区的卫护，京城大兴城内宫城、皇城的安排和郭城内五府、官署、寺观的布局，很明显地表现了这一点。

大兴城的宫城位于郭城北部正中，前是皇城，

1）《长安志》卷九：“朱雀街东第五街即皇城东第三街，街东从北第一坊，尽坊之地筑入苑，十六宅”。按此入苑的第一坊为什么建十六宅？据《长安志》的解释是，先为十王宅，后又增入六王，故名。其实一坊之地，分划成十六小区，也正与当时各坊的规划相一致。

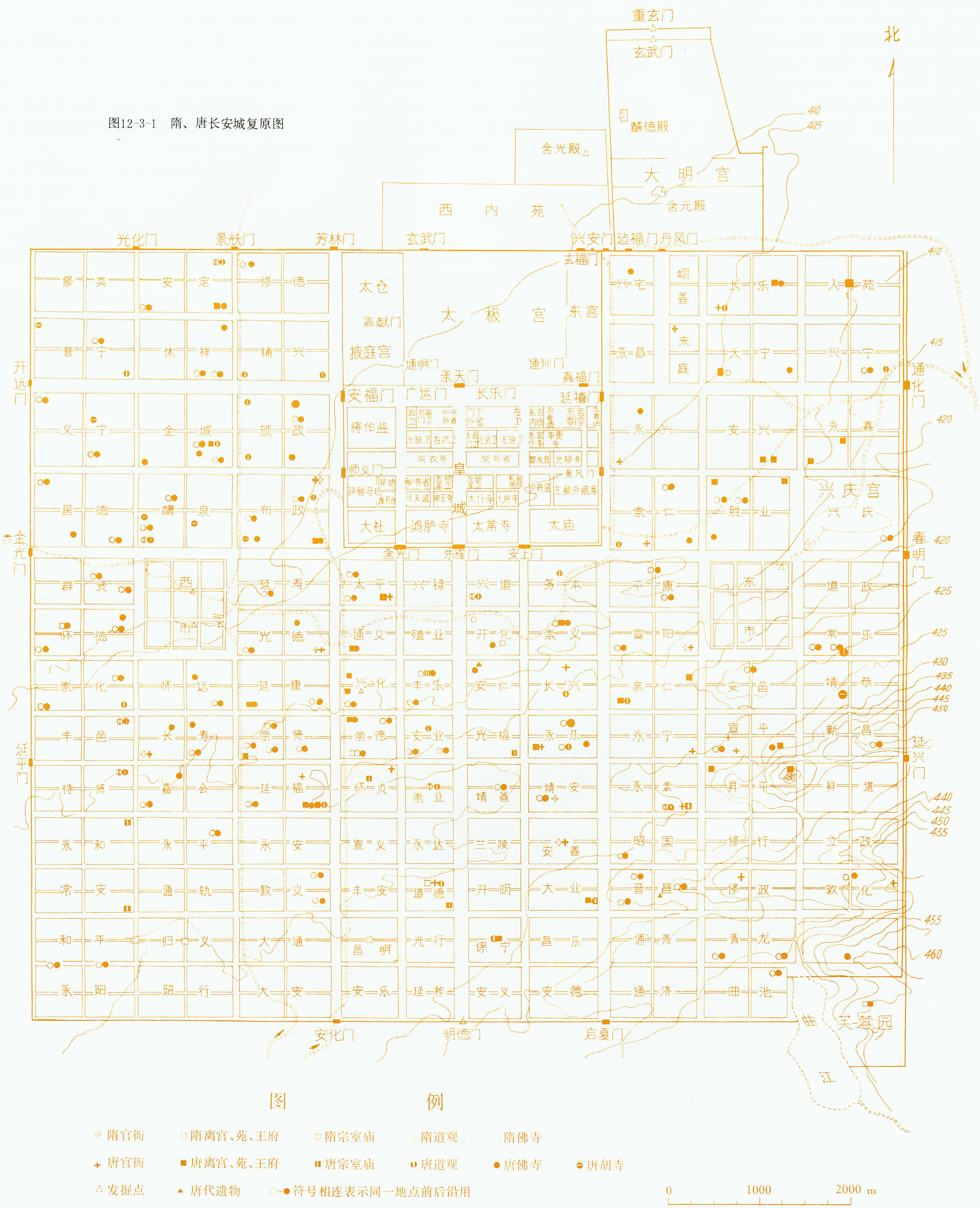


图12-3-1 隋、唐长安城复原图

后靠郭城之北的大兴苑，南北长1492米，东西宽2820米。宫城南壁正中的广阳门和北壁正中偏西的玄武门门址均已探得。宫城中部为宫殿区，东面宽1967米，正殿大兴殿位于北区的南部。宫殿区东为太子宫——东宫，宫殿区西为宫人居处的掖庭宫和曾出土太仓窖砖的太仓所在。

皇城是官署区，位置紧靠在宫城的南侧，中隔横街，无北墙，东西两墙与宫城东西墙相接，是同一城墙的延长，南城墙为今西安城南墙所压。皇城南北长1843米，东西宽同宫城。皇城南壁有三个城门，东西两壁各有两个城门。其中南壁正中的皇城正门朱雀门，北和宫城正门广阳门相对，南经朱雀大街与外郭城南壁明德门相通。文献记载，皇城内有东西向街道七条，南北向街道五条，其间立中央衙署及其附属机构。

自曹魏邺城开始，诸代王朝都城内的中央衙署便开始集中，比如晋魏洛阳，其中央衙署便集中在宫城南出大街铜驼街的两侧。但在衙署外围另筑一城，即皇城，则是隋以前所未有。《长安志》卷七载："自两汉以后至于晋齐梁陈，并有人家在宫阙之间，隋文帝以为不便于民，于是皇城之内，惟列府寺不使杂居止，公私有便，风俗齐肃，实隋文新意也"。这个"隋文新意"，既把一般居民和宫城隔得更远，又把宫城和其他大小统治者的宅第严格分开以使宫城的卫护更为加强。

宫城之北为大兴苑。大兴苑东靠浐，西枕渭，东西二十七里，南北三十三里(《长安志》卷六)，为皇帝游猎禁区，当然也起着宫城北边的防卫作用。

大兴城郭城内，绝大部分是居住区。隋王朝为了对城内居民加强控制，除每坊置里司、"坊角有武侯铺"(《新唐书百官志》四上)极力强化里坊制度之外，又使城内四隅和主要街道两侧的各坊遍布王宅、官府和寺观。大兴地势东南高，西北低，相差30余米，其间陡起约4—6米的高坡共六条，即所谓"帝城东西横亘六岗"(《长安志》卷七)。这六岗的坡头，除第二岗坡头"置宫殿"，第三岗坡头"立百司"(《长安志》卷九)外，郭城内各坊坡头之处，皆为官府、王宅和寺观所据。

大兴郭城内官府位于冲要之地的有东西市附近宣阳坊和长寿坊内的大兴县廨和长安县廨，还有位于布政坊东北隅紧靠皇城右侧顺义门的右武侯府等。王宅多在城的南部，文献记载："隋文帝以京城南面阔远，恐竟虚耗，乃使诸子并于南部立第"(《两京新记》卷三)。其实蜀王、汉王、秦王、蔡王分别在归义、昌明、道德、敦化四坊立宅之处，正是横亘大兴郭城南部岗坡之地。其中敦化坊、蔡王宅更控制了大兴东南隅的北部。开化坊的炀帝藩邸紧接皇城外的朱雀大街东侧，北距皇城正门朱雀门仅隔一坊之地，其位置之重要最明显。另外，在郭城地势最高的东南隅"宇之恺营建京城，以罗城东南地高不便，故缺此隅一坊之地，穿入芙蓉池以虚之"(《太平御览》卷一九七引《天文赤集》),不久又在这里兴建了离宫。后来又把郭城的另一隅东北隅的一坊之地也划归了禁苑。

佛教自汉代传入我国，在魏晋南北朝时期广泛流行，寺院建筑迅速发展。大兴城内寺院林立，多达百余座，其中崇贤一坊竟立八寺。隋王朝除利用佛教外，也利用道教，大兴城内立道观十处。寺观多占主要街道两侧，岗坡高地和城隅处。

综观全城，宫城、皇城住在北部正中。各坊内部区划整齐，外围门、墙，并置里司。主街两侧、城内四隅和城内岗坡之地遍布官府、王宅、寺观，这种布局反映了对劳动人民的严密控制和监视。

(三)唐长安的宫廷建筑

隋大兴城唐名长安城，或曰京师城。唐初大兴城的变革，主要是新创建的大明宫取代了以太极殿（即隋的大兴殿）为中心的旧的宫殿区。

大明宫南宽北窄，西墙长2256米，北墙长1135米，东墙由东北角起向南（偏东）1260米，东折30米，然后再南折1050米与南墙相接。南墙是郭城的北墙，在大明宫范围内的部分长1674米。宫城全周长7628米。北墙之北160米处和东、西墙外侧约50米处，发现了与城墙平行的夹城。宫城四壁和北面夹城皆设门，其位置除南墙东部两门被今市区所压外，其他均已探得，各门只有南墙正中的丹凤门设三个门道，其余均为一个门道。

大明宫北部有太液池，南部有三道平行的东西向的宫墙。宫内已探得殿亭遗址三十余处，绝大部分在宫城北部。现经发掘的有大明宫正衙含元殿遗址和宴会群臣的麟德殿的遗址。

含元殿建于龙朔二年（662年）。遗址位于丹凤门正北610米处的龙首原南沿上，其地高出平地15.6米。据现存遗址可知，殿台基东西宽75.9米，南北长41.3米；殿面阔十一间，进深四间，间各广5.3米，殿外四周有宽5米余的副阶；殿左、右、后三面夯筑厚1.3米的土墙，台基前设长约70余米的南出的三条平行的阶梯和斜坡相间的砖石踏道，中间一道宽25.5米，两侧各宽4.5米，中间与两侧的踏道间距约8米，当时称之为"龙尾道"。殿北两侧各有向外延伸并向南折出的廊址，此殿两侧的廊址各与殿东南、西南的翔鸾阁、栖凤阁台基相连。两阁台基高出地面15米，周围并包砌60厘米厚的砖壁，含元殿遗址出黑色陶瓦，还有少量的绿琉璃瓦片。另外，从台基四周出土的残石柱和螭首等石刻残件，得知台基周围原安有石栏和螭首等装饰。

麟德殿的兴建略迟于含元殿，遗址位于太液池西隆起的高地上，西距宫城西墙仅90米。夯土台基南北长130.4米，东西宽77.5米，分上下两层，共高5.7米，台基南面设东西两踏道，台基周围砌砖壁，其下绕敷散水砖。台基上三座殿址前后毗连。前殿面阔约58米，十一间，进深四间，前有副阶。中殿面阔同前殿，进深五间，以墙隔为中、左、右三室。前中两殿和其间的过道地面原铺对缝严密的磨光矩形石块。后殿面阔同中殿，进深三间。右殿之后另附面阔九间、进深三间的建筑物；后殿与所附建筑地面原铺方砖。全部建筑通长约85米，中殿左右各有方形台基一处，其上建东西二亭。后殿左右有矩形楼阁台基一处(《雍录》卷四："麟德殿东廊有郁仪楼，西廊有结鳞楼")。左右矩形楼阁台基各有向南延伸的廊址。"大历三年（768年）……宴剑陈郑神策军将士三千五百人"于三殿(《册府元龟》卷一一〇)。三殿即指麟德殿的前、中、后三殿，麟德殿容纳这样众多的人数，即使把回廊和殿前庭院的空间都安排在内，也是空前的巨构。

含元、麟德两座殿堂遗迹，不仅规模宏大，其布局更引人注目。高耸的正衙含元殿前列两高阁，并设有漫长的龙尾道。麟德三殿连建，翼以两楼两亭，并围绕回廊。两殿这种壮观的设计，表明了初唐时期的建筑技术出现了一个迅速发展的阶段。

武则天执政之初，为什么坚决放弃原来的太极宫，而把一代朝会正衙传移到长安城东北郊禁苑范围之内呢？究其主要原因：第一是因为太极宫地势低，不利防御，大明宫高踞岗阜，所以开元十年（722年）韦述著《两京新记》中说："命司农少卿梁孝仁充使制造此宫（大明宫），北据高岗，南望爽垲，终南如指掌，坊市俯而可窥"(《太平御览》卷一七三引)，显然，这里既适于警卫宫庭内部，又可以掌握京城全局；第二可以根据新形势的需要，设计修建新的殿堂。总之，主要是出于当时政治斗争的需要。

自开元以后的皇室建筑，规模最大的是兴庆宫。该宫傍城东壁，东西宽1080米，南北长1250米，呈长方形。宫四面皆设门，正门兴庆门在西壁北部。宫城内以隔墙隔为南北两部，北为宫殿区，南为园林区。考古试掘和钻探多在南区。南区正中为一东西915米，南北214米，面积达182000平方米的椭圆形大水池——龙池。龙池西南共发掘十七处建筑遗址。

开元十四年（728年）外傍郭城东壁建兴庆宫北通大明宫的复壁，开元二十年（732年）又外傍郭城东壁建兴庆宫南通曲江芙蓉园的复壁。此即所谓"筑夹城至芙蓉园"(《唐会要》卷三十)的夹城。复壁东距郭城壁23米，与郭城东壁南北平行，但近城门处则向东斜，复壁与郭壁的间距缩小到10米左右，春明门南侧的夹城址还存有登城楼出入口的建筑物遗址。此傍郭城东壁的复壁全长达7970米，版筑坚实，夯土的硬度比郭城还要高。

(四)城市建筑工程技术

隋唐大兴、长安，规划中分区布置宫城、皇城、市、坊，并设立里坊制度，于是便出现了大大小小的隔墙围城各个区域的划分状况。从外郭城到宫城、皇城，直到里坊，都采用夯土版筑的围墙，以宫城最为坚实，不但宽度大，而且在转角和城门附近都包了砖，坊墙则是最薄的。它们的尺寸详见下表。

外郭城的城门以南壁正中的明德门最大，有五个门道，各宽5米，深18.5米，其余各门均开三个门道。宫城南壁正中的广阳门亦开三个门道，东西残长41.7米，进深19米，门基铺有条石或石

	墙基宽度（米）	上部墙宽（米）	城高（米）	附　　注
大兴外郭城	9—12		6	每版夯土厚为9厘米
宫城	18			城门附近及拐角皆包砖
宫城东墙	14			
大明宫	13.5	10.5		拐角处在15米的范围外侧加厚2米
大明宫外之夹城	4			拐角处包青砖
兴庆宫	5—6			
兴庆宫南壁20米之外复壁	3.5			
利人市围墙	4			
都会市围墙	6—8			
坊墙	2.5—3		3	此为推测数字

板，这是其他城门所未见的设置。全城街道宽窄有明显的差别，通向各城门的六条道路为主干道，其中五条均宽100米以上，只有全城最南面在延平门和延兴门之间的东西干道宽为55米，因其两旁居住人口很少。明德门内，位于全城南北中轴线的朱雀大街，宽达150—155米。不通城门的大街，宽度在35—65米之间。顺城街宽20—25米。两市内井字街宽10—16米，市内顺城街宽14米，市内小巷宽1米。里坊内十字街宽15米。考古发掘的路面工程以西市内一处保存较好，底下填石子，后经夯打，极坚硬，路面宽16—18米，其中车马道占据当中14米，两侧排水明沟之外还有1米宽的人行道。

各大街两侧都有明沟排泄雨水，例如：朱雀大街的排水沟宽3.3米，深2.1米；西市主要街道两旁的排水沟有土筑和砖筑两种。土筑水沟沿早期路面两侧，沟口略低于地面，剖面呈半圆形，沟宽0.3米。晚期路面两侧的排水沟加大了宽度，并增筑砖壁和砖底，宽1.15米，深0.65米。这种晚期的水沟还和街内小巷中的砖砌暗水道连接。

全城的给水系统主要为了解决宫苑环境用水，改善小气候和航运交通等问题，居民饮用水由水井解决。

大兴城内，隋初开凿了龙首、清明、永安三条水渠。三渠分别从城东、城南引浐水和洨水、潏水进城，北入宫苑，其用途大概主要为解决宫苑的环境用水。

龙首渠南支自东壁通化门北兴宁坊入城，南折经永嘉坊，一支西去，一支南入兴庆坊。

永安渠自今南三门口村东南角以三十度斜度进城，经大安坊然后北流，自怀远坊经西市东侧北去，出城入苑再北流注入渭河。

明清渠在今北三门口村以东200米处，东紧靠安化门西侧北流入城，向北引入皇城，再入宫城里注为三海。其中经兴化坊西墙内侧的一段，探得宽9.6米[6]。

唐初龙朔年间以后，西市的繁荣超过了东市，为了解决运输问题，便开渠潴池。首先将流经西市东侧的永安渠引入西市，沿西市南大街北侧向西延伸长约140米，宽约34米，深约6米的支渠，横贯市内。天宝元年（742年）又分潏水开漕渠以解决漕运。《唐会要》卷八七曾记载：“分渭水入自金光门，置潭于西市之西街，以贮林木。永泰二年（766年）以京城薪炭不给，又自西市引渠，“自京兆府，东至荐福寺东街，至北国子监正东至于城东街正北，又过景风门延喜门入于苑，阔八尺，深一丈。”航运问题的解决使西市更加繁荣，在唐后期达到了极盛。

二　东都洛阳城

(一)隋东都洛阳城的创造和布局

隋统一后，全国经济迅速恢复，隋炀帝为了进一步控制关东和江南，即位的第二年（公元605年）即诏杨素、宇文恺等人营造东都（洛阳）。

洛阳宫城东西壁各长约1270米，北壁长约1400米。南壁正中有南向凸出部分，长约1710米。城壁内外砌砖，其中夯筑部分的宽度一般在15—16米之间，西南隅厚达20米。曜仪、圆壁两城紧接宫城之北，为宫城北面隅城。

皇城围绕在宫城的东、西、南三面，夯筑城壁，内外砌砖。西壁保存较好，长约1670米。

东城直接皇城之东，东西长约330米，南北长约1000米。东城之北的含嘉仓城，东面长约600余米，南北长700余米，城内粮窖分布密集，东西成行，南北成列。

郛郭（即罗城）夯筑。东壁长7312米，南壁长7290米，北壁长6138米，西壁纡曲，长6776米。南壁三门各开三门道。正中的定鼎门址宽28米，东西两门道各宽7米，中门道宽约8米。定鼎门内大街是洛阳城的主干大路，据保存较好的路段，测得其最宽处为121米。南壁的西门厚载门内大街最宽处为45米。东壁三门，正中的建春门也是三门道。

郛郭南面五列坊和东北隅三列坊，保存遗迹较多，知东都洛阳城坊里都大致呈方形。据定鼎门东的第一坊（明教坊）的普探情况，得知坊内十字街宽约14米[7]。

通过皇城右掖门的发掘，可知东都洛阳城门的一般结构样式。右掖门宽42米，当中以两堵平行的夯土墙将整个城门分隔为三个门道，隔墙厚约3米，每个门道宽6米，门道深17.5米。在东、西门道发现沿墙均布置有石柱础，1米见方，当中有圆洞径16—17厘米，内填塞木炭碎硝，柱础间被砖壁压着。由此可知，门道的结构是用排叉柱子支撑上部的门过梁，柱间用砖墙填塞。东门道东座共有十三方柱础石，在第七方处有一套保存完整的门砧石、门枢石及门槛下铺的石板等。可知门扉是安在门道正中向内开启的。从已烧毁的残木门扇测得当时版门的单扇尺寸为3.75×1.75米。

根据以上考古工作的成果和文献记录，大致可复原隋东都洛阳城布局（图12-3-2）。

从复原图可以看到和隋大兴设计显著不同之处有以下四点：

(1)东都洛阳城的宫城、皇城位于都城的西北隅。洛阳西北隅适占洛阳城地势最高的位置，在这处负隅高地上建宫城、皇城，显然比大兴的宫城、皇城更有利于防御。

(2)宫城除南置皇城外，北建重城，西面连苑。宫城、皇城本身又都内外砌砖。皇城之南并界以洛河。洛阳戒备的严密，又远在京城大兴之上。

(3)缩小里坊面积，划一方三百步（一里）的里坊规格，这是洛阳故都（北魏洛阳城）旧制的恢复1)，对里坊居民的控制，也比京城大兴更加强化。

(4)洛阳小于大兴〔《元河南志》卷一(洛阳)罗郭城……“周回五十二里”。《长安志》卷七:“唐京城外郭城……周六十七里”〕，却设了三个市(京城长安只二市)，并且都靠近可以行船的河渠(通远市南沿洛河，北旁漕渠。丰都市通运渠。大同市通通济、通津两渠)，可以推知洛阳的设计比大兴更多地考虑了繁荣工商业的问题。

(二)唐代洛阳的变革和工商业的繁荣

隋设计兴建的东都，唐武德四年（621年）废。贞观六年（630年）号洛阳宫，显庆二年(659年）恢复东都。唐恢复东都，宫城、皇城如故，缩小了苑（周一百二十六里），重建了罗城，里坊大都仍旧。三市有了变化：丰都市缩小了半坊，唐名南市；迁通远市于临德坊，唐名北市；迁大同市于固本坊，唐名西市[8]。洛阳总的布局没有大的改变。较为重要的改革和长安相同，是在宫庭建筑方面。

乾封二年（667年）在东都苑东部，修建了上阳宫，其“东面即皇城右掖门之南”（《元河南志》卷四），“南临洛水，西拒榖水”（《太平御览》卷一七三引《两京新记》）。上阳宫成为东都的主要宫殿，它和长安的大明宫一样，避开了洛阳原来宫城的布局。更值得注意的是，上阳宫的“正门正殿皆东向，正门曰提象，正殿曰观风”（《旧唐书·地理志》一）。上阳宫选地旁皇城，开门的方向又以东为上，很清楚，这是为了继续使用洛阳皇城的设备，有意的和皇城组成一体的原故。

文献记载和考古发现都表明了洛阳含嘉仓存储租粮最多的时期是在武则天和玄宗时期。据仓

1）据《洛阳伽蓝记》卷五谓京师东西二十里，南北十五里(方三百步为一里)，里开四门。

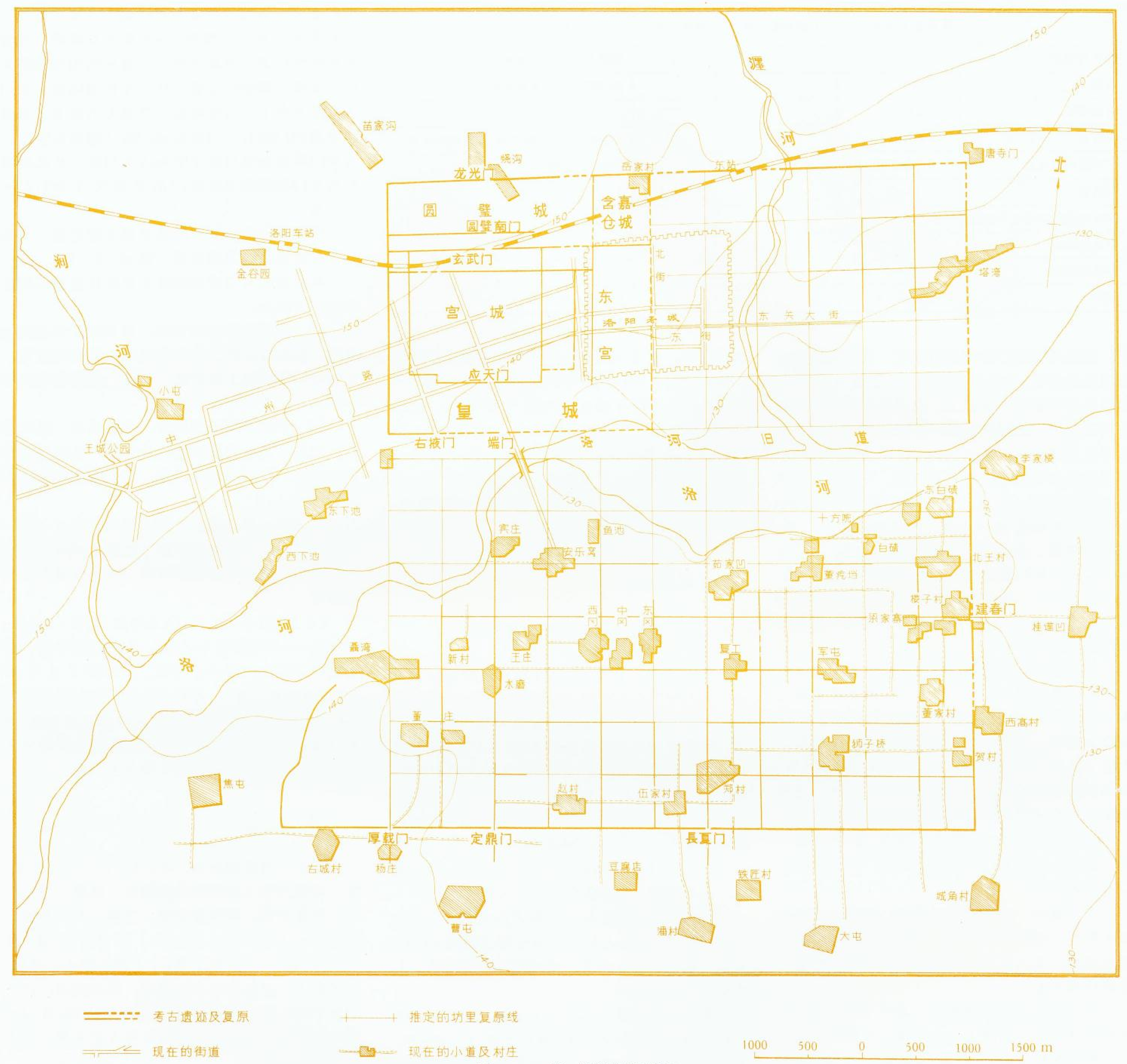


图12-3-2　隋、唐洛阳城复原图

内所出窖砖上的刻铭知窖粮多从江淮运来[9]。唐王朝经济来源逐渐依赖江淮，这是唐前期即已重视洛阳，武则天掌权以后，更长期在洛阳执政的主要原因。

随着农业生产的恢复和发展，东都洛阳的工商业迅速地繁荣起来。隋通辽市（北市）和大同市（西市）都迁移到邻近城门的更方便的地方。长安中（701—704年），在北市的西北，引漕渠，开新潭，以通诸州之船。在这一带漕渠上，“天下之舟船所集，常万余艘，填满河路，商贩贸易车马填塞”（《元河南志》卷四）。北市及其附近，成为洛阳最繁盛的所在，所以文献所记洛阳的旅馆、酒家大部集中在这里[10]。

(三)隋唐长安、洛阳布局对其它城市的影响

隋唐是我国封建社会的鼎盛时期，大兴—长安是当时的京城，洛阳是仅次于京城的东都。由于隋唐中央集权的逐步强化和中外文化交流的日益昌盛，所以这两座都市的设计规划，既影响了当时国内新建和改建的地方都市，也影响了邻近国家的都城兴建。

这两座都市虽然在内城（宫城和皇城）的布置上，有显著的差别，但在居民区——坊里的设计上，却有两项极为鲜明的共同点，即坊内十字街的设置和十六小区的划分。就现在了解的资料，唐州城大多是根据长安坊内十字街的设计和布局以及洛阳方正的坊里制度而布置的，如南方的益州城和北方的幽州城、云州城。

唐代我国东北地区的渤海，曾仿唐制设五京，其上京龙泉府城遗址即今黑龙江省宁安县的东京城。经考古发掘，知该城设计大体摹自长安城1)。

1）龙泉府城遗址问题，日本人曾研究，参看原田淑人、驹井和爱所著《东京城——渤海国上京龙泉府址四发掘调查》，东京 1939 出版。

中京显德府城遗址即今吉林省和龙县的西古城子。东京龙原府城遗址即今吉林省珲春县的半拉城。经调查，两城的宫城均在城北部正中，其布局同长安城，但方整的坊里则仿自洛阳。

隋唐时代中日文化交流频繁，日本从七世纪后半到八世纪后半，陆续兴建了许多处宫和京，其中藤原、难波、平城、长冈、平安五座京城，经过近年的考古和古文献的研究工作，都已进行了程度不同的复原。复原的成果表明，仿效隋唐时代长安和洛阳的制度，是它们的共同点。其它情况如下表：

各京的具体情况	京城面积南北长、东西窄	宫城位于京城的北部正中	南北中轴线上置朱雀大路于都城正中的	京城左右对称建置东、西两市	方形坊里或大部是方形坊里	每坊置东西两坊门	每坊内划分十六小区	朱雀大路南端（即罗城门内）两侧坊各置宗教建筑一所
藤原京[11]	∨	∨	∨		∨			
难波京[12]	∨	∨	∨		∨			
平城京[13]	∨	∨	∨	∨	∨	∨	∨	
长冈京[14]	∨	∨	∨		∨			
平安京[15]	∨	∨	∨	∨	∨		∨	∨
形制渊源	洛阳制度	长安制度	长安制度	长安制度	洛阳制度	长安宫城南面四行坊的制度	长安洛阳(?)制度	洛阳制度

日本都城的布局在日本古文献中有"东京"、"西京"之称。这个"东京"、"西京"，系指都城之东半部和西半部而言。日僧永祐于十四世纪初所撰《帝王编年纪》卷十三记："（延历）十二年癸酉唐贞元九年（793年）正月十五日始建平安城。东京又谓左京，唐名洛阳。西京又名右京，唐名长安"。可知日本各都城的设计，确实是参考了长安、洛阳两城的部署，并非单纯摹仿长安城。

第四节　宋东京城与临安城

一　东京城

北宋东京城（今河南开封）是十到十二世纪我国政治及工商业的首要城市。北宋王朝在东京建都长达167年（960—1127年）之久，其规划上承隋唐长安城，下启金中都，元大都和明、清北京城，特别是当时已经发展起来的城市商品经济，在这个城市的面貌上打下了明显的烙印，因此，在我国封建城市发展史上占有重要的地位。

（一）北宋东京城建立前的发展概况

1.开封地理条件及城垣的兴筑

开封位于今河南省中部偏东，北距黄河9—10公里，地势平坦，平均海拔约70米，因地处黄河冲积层上，估计有史初期，海拔应当较低，其气候特点是大陆性强，雨量集中在夏季而变率大，上古开封附近因河湖四布，水旱灾害没有中古以后严重，森林茂繁而盐碱不甚。

关于开封城垣营建的开始，据《北道刊误志》转引《城冢记》大梁城系毕公——周文王姬昌之子所筑，即西周初期，约公元前十二世纪末至公元前十一世纪初，这是最早的记载。但据《太平寰宇记》说是春秋时即公元前四百年左右郑庄公命郑邴在此筑城，取开拓封疆之意而名开封，其位置在今城南古城村的西北距朱仙镇东约6公里处。但比较确实可据的记载，它是起源于战国时魏惠王由安邑徙都的大梁城，距今约2300年左右，魏国凿运河，将开封的汴河与北面的黄河、济水沟通起来，开封就成了华北平原西端水道的中心。

2.唐时置宣武军及五代时梁、晋、汉三代的营造

唐德宗时，在开封设宣武军，建中二年（781年），宣武军节度使李勉重筑城垣，其范围相当于今日的开封城，唐书《李勉传》称："汴州水陆一都会"，明确了这一城市的地位。

五代时，梁、晋、汉、周都建都开封，梁朱全忠于907年称之东都，升汴州为开封府。这是开封府成为首都之始。晋、汉、周三代都称之为东京，四代共建都于此26年。

3.后周在东京的建设

后周太祖郭威即位后，于广顺二年（952年）正月，下令修补京城罗城，派畿内丁夫五万五千人进行版筑，世宗柴荣即位以后，又对都城东京进行了扩建，显德二年（955年）四月，下令拓宽街巷，增筑外城，疏通汴河，外城相当于今开封的外土城，奠定了北宋东京城的规模，柴荣在诏书中说：东京"华夷辐辏、水陆会通"，但都城依旧，城内"屋宇交连，街衢秋溢，入夏有暑湿之苦，居常多烟火之忧"，因此加以拓宽，于京城四面，"别筑罗城"。

以后又拓宽道路，规定京城之内街道阔五十步的，允许两边人户，各在五步之内听便种树掘井、修盖凉棚，至于三十步以下到二十五步的，只能在三步以内，按照这一比例，依次减少。

（二）北宋东京城的建立及其规划

1.城关结构与陆路交通的规划

宋太祖赵匡胤即位后本不想建都开封，因开封无山川之阻，为四战之地，故赵匡胤以重丘为营卫，畿内常用兵十四万人，他曾说"不出百年，天下民为殚矣"。就战略观点看来，开封的地理位置是不利的，后世范仲庵也说过："洛阳险固，汴为四战之地，太平宜居汴，即有事必居洛阳"，明知战略上不利，而还是建都开封，主要是由于开封有维护封建政权经济命脉的漕运供应的关系，在司马光的《涑水记闻》中曾有一段关于赵匡胤想迁都洛阳时，他的大臣李怀忠对他讲的话："东京有汴渠（即汴河）之漕，坐致江淮之粟四五千万，以赡百万之军，陛下居此，将安取之？"这就明白地指出了北宋定都东京的主要原因。

北宋定都开封后，为进一步巩固中央集权，在后周扩建的基础上，对开封城的城关结构在设防上进一步加强，在水陆运输交通方面又做了进一步的修浚。

北宋东京同后周显德年间情形一样，有城三重：外城又称"罗城"，周48里223步，政和六年（1116年）扩展到50里165步。城作长方形，南北长而东西窄，约当今日开封四周的土城遗址。内城即里城、又称阙城，在外城的中央，周20里150步，也作长方形，约等于今日的开封城，但南北略短，皇城在里城内北部，周围9里18步（一作5里），大约是根据唐宣武军节度使署的位置而扩大，作正方形，位置在今龙亭及其附近。

外城在后周柴荣时建造的基础上经过北宋真宗、神宗两朝的重修和徽宗时对南面的城垣的扩大，城外有护城河，阔十余丈，外城辟十三门，另有水门七。为了加强防御"新城每百步设马面、战棚、密置女头，旦暮修整，望之耸然。城里牙道，各植榆树成荫，每二百步置一防城库，贮守御之器，有广固兵士二十，指挥每日修造泥饰，专有京城所提总其事"[16]。由此可见外城建筑的坚实和防御的严密。

由于开封周围地势低，防守不利，为了加强防卫，先后在周围，又选定大名府（北京）、河南府（西京）、应天府（南京）等三个军事重镇作陪都，成为东京开封的屏幛。

东京城四周辟有十门，南北各三，东西各二，从北经东南转到西北各面的主要城门为酸枣、封丘、曹、宋、陈州、郑门等，其中曹门、宋门的名称，是沿袭了唐李勉所筑汴州七门的旧名，经过这些城门所散射出来的各条大道，分别通向黄河渡口并各个陪都及其它重要城镇，这是具有战略意义的。

2."四水贯都"解决漕运

宋代开封河道四达：汴河（通济渠），蔡河（惠民河）、金水河（天源河）、五丈河（广济渠）。称为四渠，后又以黄河代金水河，称作"四河"，为漕运要道，四河的漕运以汴河为多，据《宋史·食货志》："太平兴国六年（981年），汴河岁运江淮米300万石，菽100万石；黄河粟50万石，菽30万石；惠民河粟40万石，菽20万石；广济河粟12万石，凡11万石"。到至道元年（995年）汴河运米580万石，大中祥符元年（1008年），又上升到700万石了。

四河运输的范围："江南、淮南、两浙荆湖诸路租籴，干真、杨、楚、泗州置仓受纳，分调舟船，溯流入汴，以达京师"。"陕西诸州菽粟，自黄河三门沿流入汴，以达京师"。"粟帛自广济河而达京师者，京东三十七州"。"由惠民河而至京师者，陈、颖、许、蔡、光、寿六州"[17]。从上述看来，其中从汴河的运输范围为最广。

实际上汴河吸收的商品，还不仅以江、淮

两浙荆湖诸路为限，南、川、蜀的货物到京师的，大都也经过汴河。

熙宁六年（1073年），应天府知府张方平更具体地说明了汴河漕运对开封的关系："京师士庶，以亿万数，大半饱食于军食之余，故国家漕事，至急至重"。"汴河之于京师乃建国之本，非可与区区沟洫水利同言也"。

流经开封的四条渠道，都是人工运河，它们解决漕运和农田灌溉，对城市生产用水和居民生活用水的供应，都有很大的作用，这四条渠道的水网是五代到北宋初才形成的，并经过北宋早期历代的修浚。

关于汴河工程，"汴河旧底有石板、石人，以记其地里，每岁兴夫开导至石板、石人以为止，岁有常役。民未尝病之，而水行地中，京师内外有入水口，泄水入汴，故京师虽大雨无复水害"[18]。

从开封城区交通干道的规划以及分设陪都的区域规划，都可以看出四方拱卫京城的军事意图。由于开封无险可守，只有驻重兵来加强防卫。在宋仁宗、英宗时代，禁军达到140万人，在东京城一地就驻有半数，且多在外城。宋王朝盛时东京有军民共120万人以上。其食粮必赖漕运供给，因此，对上述四个人工渠道的修浚，北宋王朝是异常重视的。特别是汴河，自隋开通济渠后，引河入汴，增加了汴河的泥沙沉淀量，必须时常加以疏浚。宋初役民夫每天修浚一次，后来汴河二十年不修，年年湮淀，沈括《梦溪笔谈》里就说过："自汴流湮淀，京城东水门下至雍丘、襄邑，河底皆高出堤外平地12尺余，自汴堤下瞰民居，如在深谷。说明到了北宋晚期东京的人工渠道，已逐渐被破坏了。

东京城这些高墙、深濠重兵，广粮的城防设施，都是北宋王朝为加强中央集权和防御需要在城市规划方面的必然措施。

（三）北宋东京城规划上几项重要措施

宋代结束了五代十国的分裂割据局面，进一步加强了中央集权，这在东京城的建设上是有所反映的，例如在御路两侧修建御廊，加强中轴线，突出皇权尊严。汴梁"大内"宫殿，正朝的大庆殿、文德殿和紫宸殿及正宫的福宁宫，都在中央的南北轴线上，保持一定的纵深布置，大庆殿前的两庑分设两楼，这样以东西配楼来加强中轴线的设计手法，也是后代宫庭建筑中常见的。除此之外，在经济发展和军事需要上，又有以下的重要措施：

1．商品经济的发展与城市坊里制的变化

东京城由于在政治、经济上的重要地位，商业和手工业特别繁盛，人口不断增加，引起了城市结构的很大变化，除了封建统治阶级的奢侈生活消费品需要从市场获得供应外，一般市民也和商品市场发生越来越密切的联系。商业活动是早晚不息，出现了经常的日夜贸易。这样，城区比较集中的市场，已经不能适应商业发展的需要。东京城出现了大量的商业建筑和商业街道。从文献看，宋代依旧保存坊里制度，宋初开封府也设有街鼓，但由于商业发达，坊门启闭，已无什么重要意义，坊里制度实是徒有其名而已。

城内主要的职能分区有：行政区即皇城（中央的政权机构）；商业区（在里城东南部，外城东南部，东部及西部，最繁荣的地区是宣德门东潘楼、土市子及州桥东的相国寺附近）；住宅区（包括里外城的大部分，除商业中心外，一般与商业区相交错）；码头区（在城外运河沿岸，如城东的虹桥、陈州门和城北五丈河共有仓库五十多所，专门运卸漕米）；风景区在四郊和里城东北隅艮岳。

从城市结构来看，依旧是宫阙居中，左祖右社，城市建筑及街道布局形式，一切也都从封建统治阶级的利益出发。但由于北宋商业的发达，破坏了传统的坊里制，城市职能分区，已不能采取集中配列市场的形式和居住的整齐划一。这显然是由于经济发展所决定的。

北宋东京城商业经济的发展，城市市民生活变化，出现了沿街布列店铺的商业街道。正对宫城大门的中轴大道和宫城前东西干道竟成了繁华的商业大街。由于城内人烟稠密，房屋以高二、三层的为多，所谓"三楼相高，五楼相向"，促使多层建筑的发展，特别是大酒店等，临街修楼，后面建"露台"（金银彩帛交易之所），"屋宇雄壮，门面广阔"，还有热闹的公共娱乐场所称为"瓦子"（又称"瓦市"）。据记载，东京城里的大酒楼有七十二家，有的大到由五座三层楼房组成。"瓦子"里包括带棚子的商贩和文艺演出的"勾栏"（戏台），大型的瓦子里，有勾栏五十多个，大棚子可容数千人，城内还有带有浴室的茶馆。

开封坊里制度的破坏，对城市管理发生新的影响，早在乾德三年（965年），宋太祖诏令开封府三鼓以后的夜市不禁，开封府的街鼓制，到仁宗时就已废去。由于坊里制有名无实，所以宋真宗时期另外施行厢制，坊名还是照旧保存着。大中祥符中，东京分为八厢，下设八十余坊，厢设厢吏，归开封府管理。街巷每二百步立屯署，置兵二十人夜间巡逻，负责巡防火灾和维持治安。

当时工商业及运输发展，商业区分散与住宅区相错杂。因此，管理官营手工业及仓库等的政府机构不得不分设于各处，行政区也不是完全集中的。

由于商业在东京城市内的不断发展，以致侵入寺庙。唐时所留下的大相国寺六十余院，庭院两庑可容纳万人。宋时每月开放五次，供四方商旅汇集交易，成了东京城内的最大商业市场。

东京是全国政治中心，成为皇族官僚聚居的百万以上人口的大消费城市。商业是在此基础上发展的，商品种类繁多，来自全国各地，在城市管理上取消宵禁以后，出现了"夜市"，还有十字大街，每五更点灯，天明即散。由于人烟稠密，房屋拥挤，治安和防火的任务都加重了，城中出现了"望火楼"建筑，建置了"军巡辅屋"。手工业者和其它劳动人口，多居住在繁华街道的背后，在一些大宅的隙地上"团转盖屋，向背聚居"。

2．宽广的"御路"与绿化设施

东京城内街道分布的形式和城门相配合，其主要干道称为"御路"，共有以下四条：自大内宣德门向南经朱雀门到南薰门；自宣德门外向东经旧宋门到新宋门；自宣德门外南面御路上的州桥向西经郑门到新郑门；自宣德门外东面御路上的土市子向北经旧封丘门到新封丘门。其中自大内宣德门向南经朱雀门的御路两侧所建的御廊，加强了中轴线的作用，保持一定的纵深布置，是建筑群规划上的巨大进步。

再有就是这四条御路延伸出去与东京城对外的陆路交通有着密切的联系，东出新宋门的御路可以东经南京应天府（商丘）、徐州、楚州通两淮、两浙；西出新郑门的御路可以西经河南府（洛阳）再至长安，运通西夏吐蕃；北出封丘门的御路可以通北京大名府、保州（保定）、远通辽金；而南路也能经襄阳、江陵通荆、湖、广南诸路。

由此可以看出这四条御路不仅从整个城市交通规划上看是主要的干道，从它延伸到四面八方以联系全国重要地区和城镇，更说明它在国家政治、经济、军事上的重要地位。

此外，东京城道路的绿化，在文献上也有记载，自宣德门南去的御路，约宽200余步，两边是御廊，"安立黑漆杈子，路心又安朱漆杈子两行，中心御道不得人马行往，杈子里砖石甃砌沟水两道"，沟中"尽植莲荷，近岸植桃、李、梨、杏、杂花相间，春夏之间，望之如绣"。

东京城中的许多河道，常作为交通要道。修在主干道的桥梁，常做成石桥，桥形低平，便于行人车马的往来。一些石桥的工程和形式、装饰处理都很讲究，如位于中轴线"御街"上的州桥（正名天汉桥），"其柱皆青石为之，石梁石笋楯栏，近桥两岸，皆石壁，雕镌海马、水兽、飞云之状"。修在河埠上的桥梁，如"虹桥"成拱形高耸，是为了行船便利。

3．在战守的要求下，城防工程渐趋严密

北宋时期，少数民族的奴隶主侵扰严重，劳动人民的反抗斗争此起彼伏，对于东京城防，不得不十分重视，宋神宗时（1075—1078年）重修外城，"周围展至五十里一百六十五步，城墙高四丈，广五丈九尺"[19]。根据《东京梦华录》的记载，外城壕阔十余丈，"城门皆三层，屈曲开门"，跨门有铁裹栅门，遇夜加闸，垂下水面。城每百步设马面向外伸出，上面的守兵可以从侧面向逼进的敌兵射击，由于马面突出城墙，可以保护城墙免遭敌人挖掘。马面本身也是城墙的支撑物，能增强城墙的坚固性。

东京城门除上述屈曲开门者外，惟南壁南薰门，西壁顺天门，北壁景阳门，皆为直门两重，因为这都是正门，皆留御路，相传北宋东京里外城皆系土筑，但城门是用砖石砌造的，这从《清明上河图》所绘的城门以及《事林广记》所载砖砌城门的样式可以证明。

北宋政权设有专门负责营建修缮城垣的修建司。宋神宗时，沈括曾掌管军器监，研究城防兵

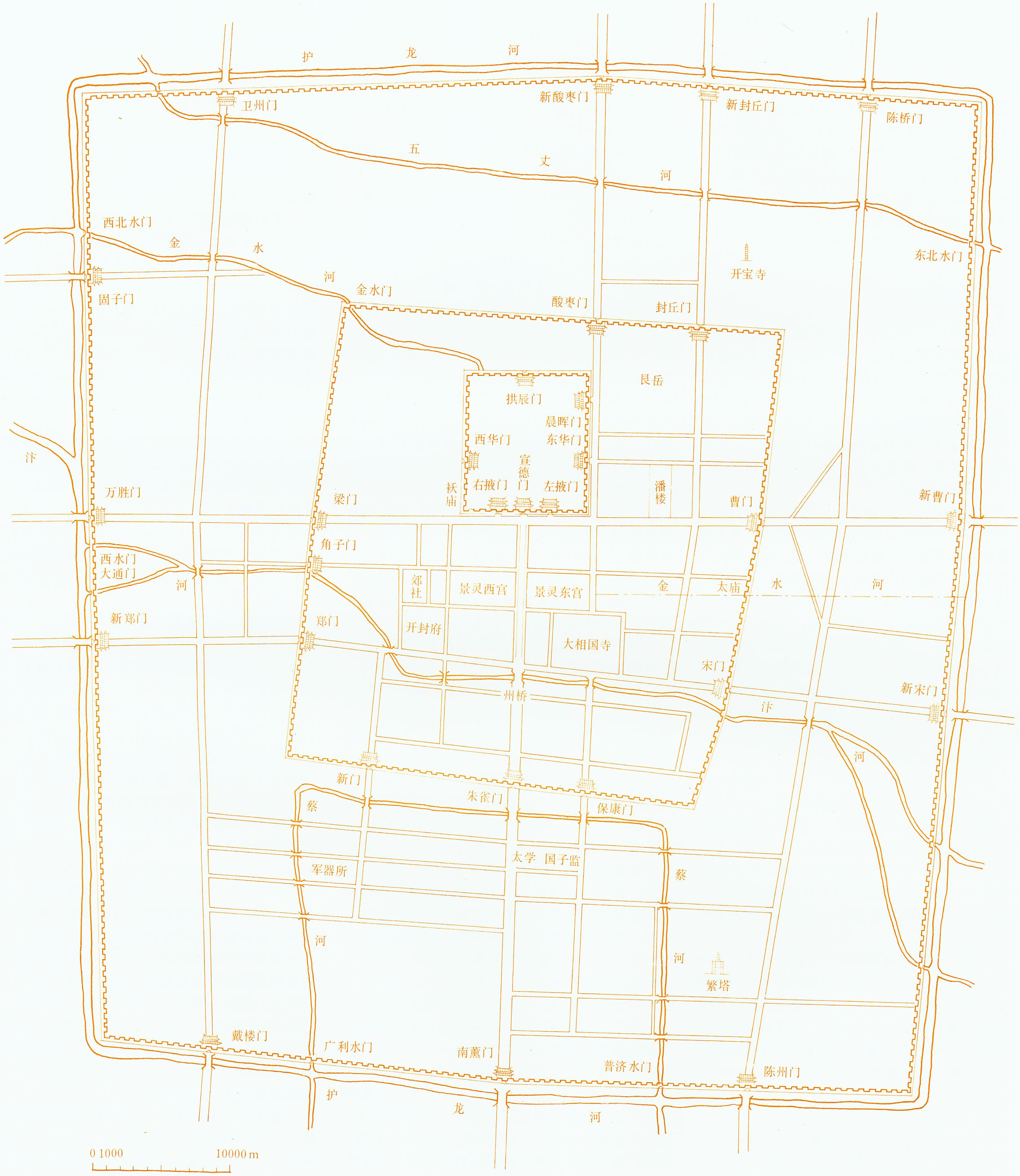


图12-4-1 宋东京城复原平面图

器，并著有《修城法式条约》。在官方颁发的《营造法式》一书中，也有"筑城制度"和筑城功限的规定，这使东京城的建造工程进一步走向制度化，可见当时政权对城防工程的重视。

北宋东京城是十至十二世纪间世界上最大城市之一，由于它在政治、经济上的重要地位，在城市规划上为了适应商业和手工业的发展与繁荣，为了适应人口不断增加的需要，基本布局不再沿袭汉唐长安城那样以封闭的坊里为主的规划结构，出现了政治中心和工商业城市结合的新型。它表明了封建社会内部发展起来的商品经济和由此引起的城市生活的变化，已经开始冲击着沿袭已久的封建都城的旧秩序（图12－4－1）。

二 南宋临安城

临安即现今的杭州。地处富庶的长江下游平原边缘，西面群山环抱，中有西湖，湖光山色风景如画。基此原因，在历史上很早就是一座著名的风景城市。南宋绍兴八年（公元 1138 年）因战事关系，统治集团迁都杭州，表面上叫它"行在"[1)]以示不忘恢复失地还都汴梁的决心。但自绍兴和议成功，划定淮水中流为宋、金两国边界后，一直没有还都。

在我国建筑史上，除了元大都等少数例子外，一般城市，特别是作为政治中心的首都，绝大部分是在历史基础上扩建而成的。考之临安在秦汉时代只是一个依山为城的小县称钱塘，属会稽郡，故城在今灵隐山下[20]。今日杭州东北部分几全为平原，东濒钱塘江，西为西湖，自吴山以南向西发展是凤凰、玉皇诸山区，西湖的北面靠宝石山，山北又是平原。当日何以不将钱塘县设在平原而建在山区？这是因为远古时代，现在的杭州城区还是江流所经，很少陆地，今日城内吴山的东北是一片汪洋。所以城市的发展除历史基础外与当地地形的演变也有很大关系。

吴山一称胥山在杭州城内，秦汉之前此山是面临大海的，山的东北凿石为栈道，谓之"石栈"。宋人周密在元至元二十四年（1287 年）游览吴山曾见到一枯池，石壁间皆细小水波纹不禁叹道："不知何年水直至此处？然则今之城市皆当深在水底数十丈矣[21]"。迄今山上月波池壁面水波纹遗迹犹存，这是因为石壁受江潮冲击日积月深所致。

西湖原来是和海相通的一个港湾，东至沙河塘，南向皆大江边，后来由于钱塘江和杭州周围山上冲刷下来的泥沙，受到海潮影响，逐渐沉淀而把湾口塞住成了一个"泻湖"。其冲击而成的平原即现在的杭州广大城区，依照近年工程钻探所得资料分析，其在拱宸桥附近的厚约30—50米的第四纪松散沉积层底部，就有厚约 3—5 米的沙砾层，中间含有海滨生物的贝壳。这就证实这里在不久的地质年代曾是滨海地带。汉代时华信在今清波门云居山麓至钱塘门一带筑塘以捍潮汐，这塘就是今日河滨路的前身。自塘筑成后西湖遂形成。同时把钱塘县从灵隐山麓迁到了西湖以北宝石山的东面，时在东汉初期直到隋开皇年间建置州治为止，达五百余年之久。

南宋临安城是在隋唐州城和吴越国都城的基础上形成的：

（1）隋唐州城：隋文帝开皇九年（589 年）废郡置州治余杭称杭州，这是杭州一名的来源。杭州城垣的建造则在开皇十一年（591 年）把州治从西湖北面迁到凤凰山时才开始。其规模淳祐《临安志》卷五引《九域志》称："周三十六里九十步"。《临安志》所述周三十六里九十步，依照宋代地志记载州城中的子城面积没有超过十里之例[2)]，此应指杭州外城即罗城而言。当时隋城界址东部临盐桥河，南部在凤凰山麓，西部近西湖东岸，城基即汉时华信所筑之塘（今湖滨路）。北部是平原直到虎林山为止。城有盐桥、凤凰、钱塘等门。至于今日城内的吴山，隋代时尚在城外而包金地山（今云居山）、万松岭在城中，虎林山今已成平地。

唐州城循隋之旧，界址无甚改变，但在城的南部稍有不同。因为自从隋筑城历百余年到唐中宗景龙四年（710 年）沙岸北涨，地面逐渐平坦，李珣乃拓城，于城外开辟了沙河。所以唐城的南部要比隋时偏东些，规模也大些，州治则还在凤凰山，江沙所涨成的大平原辟为居民区。

（2）吴越都城：杭州城垣吴越时代设子城、内城和罗城三重。

罗城工程较大，共建造了三次。第一次在唐昭宗大顺元年（890 年）但不称罗城而名新夹城，这是因为依附旧城的缘故，计全长三十余里。"新夹城环包家山，洎秦望山而回皆穿林架险而版筑。"[22]可知这一次主要是在经营城市南部。当时杭州城南部多属人迹罕到的山区，因此必须"穿林架险"，这样也就奠定了后来南宋临安城的基础。第二次是在景福二年（893 年），同书载："新筑罗城，自秦望山由夹城东亘江干，洎钱塘湖、霍山、范浦凡七十里。"罗城大体上是在南部新夹城的基础上向旧城东北包围，将内城包在里面。第三次是在后梁开平四年，即吴越天宝三年（910 年）系对城的东南濒江部分作了扩展。除筑城外还造捍海石塘。罗城计门八，即龙山、竹车、南土、北土、保德、北关、涵水、涌金。

在三次筑城过程中，特别应该一提的是捍海石塘的营造。塘的工程非常艰巨，计自江干六和塔开始一直向北直抵艮山门为止长达十余里。据《吴越备史》说："（开平）四年……八月，始筑捍海塘，王（钱镠）因江涛冲激……，乃命运巨石，盛以竹笼植巨材捍之，城基始定。其重壕、累堑、通衢广陌亦由是而成。"所谓巨材即椤木。在沈括《梦溪笔谈》上也谈到此事，卷十一说钱塘江钱氏为石堤，堤外植以大木十余行谓之"滉柱"，当宋宝元、康定年间（1038—1041 年）把柱全部取出后皆朽败不可用，堤复为洪涛激毁云云。可知石堤外植柱的目的系在捍卫浪潮的冲激。

（3）北宋杭城：城的范围大率仍以吴越之旧无所更改，惟内城已拆，仅剩下了朝天门（今留有西壁遗迹）。罗城南门称利涉，遗址在今包家山下，东门称保安即就吴越竹车改名，也叫小堰门，另有大堰门位于今武林门外半道红地，见淳祐《临安志》引苏轼《请开河奏状》。保安门旁另设水门，这是茅山河自南入城的水口。至于城北的门有二：一称天宗水门，是茅山河向北出城的水口；一称余杭水门，临近余杭门，是盐桥河向北出城的水口。茅山河和盐桥河都是当时城中主要的两条运河，到南宋时茅山河淤塞，盐桥河一直保留到今天。当时杭州是重要的对外贸易港口，为全国四大商港之一（其他三个是广州、泉州、宁波）。宋杭州的人口数，据欧阳修《杭州有美堂记》称："邑屋华丽，盖十余万家"，则人口应有数十万。由于商业繁盛，货运众多，车舆频繁，街道易于损坏，道路路面修筑质量提高，据清宣统二年（1910 年）板儿巷修筑道路时，曾掘得宋大中祥符三年（1010 年）冯宪等"砌街记石"一方，上刻：

"维大中祥符三年岁次庚戌四月十八日都会首冯宪徐翊严君赞高承霸高仁福同过法济院僧省欢院内大师奉圆等各舍金帛遍募近远四众信人各舍净财甃砌大街孔道至当年八月初三日备人工兴砌西头桥兔当月二十七日备砖灰人匠从崇新门下手甃砌至法济院东讫又见崇新门里砌街未就备砖灰人匠至[illegible]高桥材毕同成胜事永为标记砌街都料王霸。"[23]

砌街记石 53 厘米见方，13 厘米厚（石现藏杭州西冷印社）。刻文中所谓甃砌大街孔道备砖灰人匠，显系当时是砖砌的道路，并且已具有下水道。其它筑路起讫地点、桥名等都是宋代筑路史上的宝贵资料。如西头桥兔即宋螺蛳桥今江东桥。从崇新门砌至法济院东首，崇新门即荐桥门，遗址在今城头巷北口。法济院为后晋高祖天福三年（938 年）吴越王建，初名观音后改长寿，遗址在今江东桥东。高桥原在今高桥巷，宋茅山河故址，河于南宋时代扩建德寿宫而告填塞，是当时修筑的道路就是清泰街今名立新路的西段。以上参阅杭州历代城郭变迁图（图 12－4－2）。

南宋绍兴八年（1138 年）定都临安时，本选地在西湖北山之阴的西溪地方，后来才改在凤凰山麓。故由宝石山背陆行绕秦亭山，沿山十八里至今尚有宋时辇路遗迹，当时对临安城的建设，除利用自然风景注意园林方面的种种点缀外，在建筑上，在城市规划上又模仿东京汴梁制度。张奕光《南宋杂事诗》序说："杭地襟江带海，即禹贡扬州之域，至唐以来始称佳丽。有宋绍兴肇建行都，依凤凰山为大内，而以西湖为游观之地，一时制画规模悉与东京相埒。"

南宋是北宋的继续，但在临安的总体规划虽然"一时制画规模悉与东京相埒"，但也有它的局限性。如南宋以前都城每采用"面市后朝"的方式，北宋汴梁虽皇城略偏前，但城郭作内、中、外三层套方形式，大体上还是保存旧制。至临安，据咸淳《临安志》"九县山川总图"所示，全城呈狭

1）皇帝临时驻地称"行在"。

2）如越州（今浙江绍兴县）罗城周二十四里二百五十步。子城周十里，见嘉泰《会稽志》卷一。常州罗城周二十七里三十七步，子城周七里三十步，见咸淳《毗陵志》卷三。台州（今浙江临海县）罗城周一十八里，子城周四里，见嘉定《赤城志》卷二。严州（今浙江建德县）罗城周十二里二步，子城周三里，见淳熙《严州图经》卷一等。



图12-4-2 杭州历代城郭位置变迁图

长形，即东西狭而南北长(图12-4-3)。皇宫所在的大内位于城的最南端，所有官舍、府第、街坊、市场等全在其北，这无疑是《考工记》王城制度“面朝后市”的恢复。发展结果，非但南面城垣没有扩大，相反的到元代时却予以收缩，而向东面方向拓宽，子城所在日渐荒芜。

大内原为唐州治所在，宋南渡后改作行宫而略偏东南，其地在凤凰山，大内在山的左掖，后有山包之。第二包即相府，第三包即太庙，第四包即执政府，包尽处为朝天门。郊祀用的行殿即端诚殿在山的右掖，后有山包之，第二包即郊坛，第三包即易安斋，第四包即马院[24]这种布局是完全基于杭州地理环境所造成的，是一种形势不规则的山城布局。

临安城由于商旅发达，除固定户口外，还有许多流动人口。如逢科举考试，“诸路士人比之寻常十倍，都在都州北权歇”[25]，当时连大寺院内也住满了人。加之不少外地客商致富后也寄寓

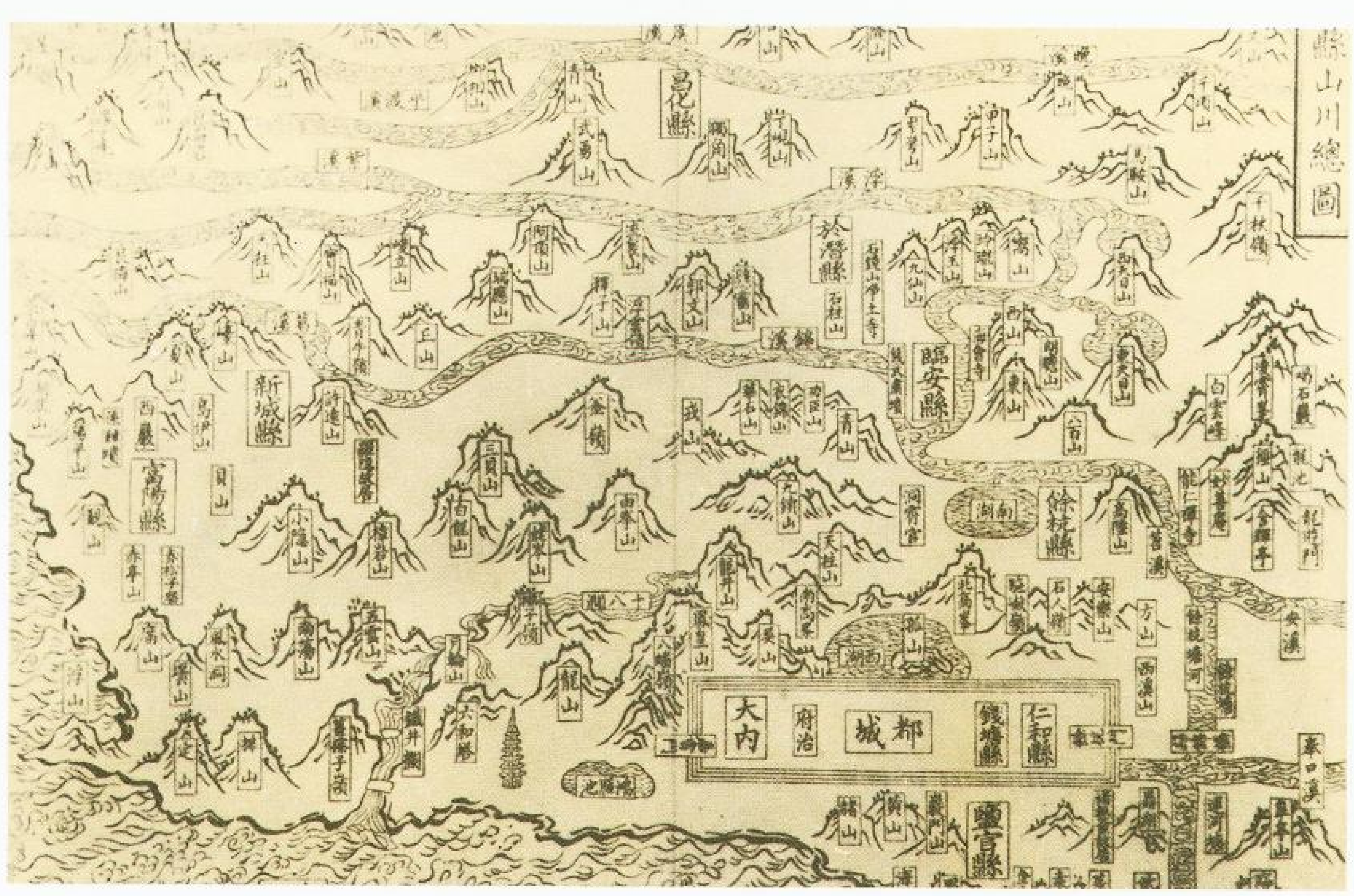


图12-4-3 宋志临安城位置示意图

在此。这样使得城市内的消费性行业也特别繁盛，从而影响它的设计规模。城内人烟稠密，房屋全为瓦屋以其中多层建筑尤以酒店为多，故临街酒店特称之“市楼”。为此“望楼”等新型建筑，也因城市防火的要求而产生了。宋人周必大曾在《二老堂杂志》卷四中写当时谚云：“东门菜、西门水、南门柴、北门米。”盖东门绝无民居，弥望皆菜园，西门则引湖水注城中以小舟散给坊市，严州、富阳之柴聚于江下由南门入河；米则来自北关。

根据文献记载，南宋临安不似隋唐两京（长安、洛阳）之预为布置，公私建筑每有随环境任意展拓致使河道填塞之事发生，如茅山河例。

临安园林甚多，其中尤以西湖号为绝景（图12-4-4）。湖以自然风光取胜在汉时已有之，以金牛、明圣为湖名，当时湖的三面皆际山，而西北一隅，直至灵隐山麓，即《水经注》所说的江水东经灵隐山下，山麓有泉唐县治。到南宋时代舟楫犹可通至冷泉亭南的灵隐浦，水之深度可知。自元以后河道才荒废，不通舟楫。

西湖面积旧说四十里，南宋时犹有三十余里，到后来逐渐缩小。湖除自然风光外，配合以园林建筑。明刻《西湖游览志》中有“宋朝京城图”、“宋朝西湖图”及“宋朝浙江图”。现将上海图书馆所藏的明初刻本中之“西湖图”翻印作为临安园林之参考（图12-4-5）。

（4）城市结构：可分为城郭、宫室、街坊、河桥四方面来分析。

1）《玉海》卷一百七十四城下，元丰修都城条：“元祐三年（1088年）十月庚子，命将作监丞李士京修京城。绍圣元年（1094年）正月八日。增筑功毕、外门（按即外城之门，正门为方城，偏门为瓮城。”又据近年文物工作调查，也曾发现建于南宋宝祐四年（元宪宗六年，1256年）内蒙古滦河北岸的元上都内、外城、瓮城与方城并用制，见《文物》1977年第5期贾洲杰“元上都调查报告”一文。



图12-4-4 杭州西湖景色（雷峰塔未倒前）

城郭：临安最外的罗城，虽当时是南宋的行都，但它的范围除城的东南部分系后来扩建者外，其它一如吴越之旧计周回七十里。至西北角较旧城要缩进，划霍山（即九曲城址）于外。城只二重，因为吴越内城在北宋时已拆去。大内所在的子城是否是吴越子城界限已无考，盖所谓子城周九里，仍为绍兴二十八年（1158年）扩展后的面积，建都初期还没有这样大。外城门共十三，据咸淳《临安志》所载，计城东七门：便门、候潮门、保安门（旧名小堰门）、新门、崇新门（一称荐桥门）、东青门（一称菜市门）、艮山门。城西四门：钱湖门、清波门（俗称暗门）、丰豫门（旧名涌金门）、钱塘门。城南一门：嘉会门。城北一门：余杭门（俗称北关门），以上为陆门即旱门，其旁尚有水门之设。内城门共三，即南面丽正门，北面和宁门，东面东华门。《武林旧事》卷四又载有西华门，其位置经近人考证谓在栖云山北近桃花关处。至水门、内外城都有，外城计五，为：保安水门、南水门、北水门、天宗水门、余杭水门。内城计二：一在城东，一在和宁门，开辟的目的主要是排泄禁中水，盖当日该二处均为水池所在地，惟门址无考。

门的形制，在内城的较华丽，因系大内所在。《梦粱录》卷八说：“大内正门曰丽正，其门有三，皆金钉朱户，画栋雕甍，复以铜瓦，镌镂龙凤飞骧之状，巍峨壮丽，光耀溢目。……内后门名和宁，在孝仁、登平坊巷之中，亦列三门，金碧辉映与丽正同。”

城的高厚比及附属建筑，《梦粱录》说城壁高三丈余，横阔丈余。如果同宋《营造法式》筑城之制“每高四十尺则厚加高一十尺”相比，似略过之，城的东面三门即便门、东青门、艮山门，《梦粱录》说都附设瓮城，这是南宋瓮城见于记载之始。瓮门除正门因为要通“御道”乃与城门开在同一中轴线上外，其它偏左或偏右开，“屈曲开门”，目的是为了防御敌人不使轻易侵入城内之故。南宋瓮城实物今虽不存，但仍旧可以见之文献图示（图12-4-6），瓮城和方城本来是有分别的，但自从北宋末年或至少南宋景定元年（1260年）起，这种区别就开始混同起来，可以叫瓮城也可以叫方城，所以《梦粱录》就混称做“其诸门内便门、东青、艮山皆瓮城。”究竟临安城所用的是什么形制很难分别[1]。

杭州城墙吴越时代无论在山区或平地的全以版筑为主，北宋以后由于火药、火炮已经应用到攻城战术，破坏杀伤力较大，因而有些城墙加砌砖石，增筑瓮城。临安城的添加砖墙大多经营于南宋初期即绍兴、乾道年间。《宋会要辑稿》方域二说：“绍兴三十一年（1161年）四月九日，知临安府赵子潇言，驻跸之地，所系甚重，比年以来，



图12-4-5 明刻《西湖游览志》中的“宋朝西湖图”



图12-4-6　宋代瓮城样式

城壁摧倒，尝委官检视，凡一百四十一段共一千八百余丈。仍于三司各差三百人，分头修筑。”

又在同书修城记录中，每见有“候农隙和买砖石用壮城兵相兼人夫修筑”（绍兴十二年十月三日条），“见在砖土打筑入皇城门”（绍兴二十四年二月一日条），“用砖灰木植物料工食钱九万五千余贯”（乾道九年十二月二十一日条），证以实物如雷峰塔西关砖（宋开宝八年，975 年），涌金门城砖（南宋景定元年，1260 年）的出现，当系砖砌城壁无疑。又在记录中所云砖灰，此灰殆指白灰。是南方之应用白灰依前述北宋甃砌大街孔道及南末修城例，似亦同时期。又《梦粱录》卷七说：“水门皆平屋，其余旱门皆造楼阁。”平屋之制不详，至楼阁当指外城的敌楼。

城墙遗迹由于后世平筑马路多已不存，尚存一段城基。城基宽 17 米，但高度已无从查考。

宫室：南宋迁都初期，受到人力、物力、财力的限制，没有宏大的建筑出现，绍兴十五年（1145 年）将李诫编修的《营造法式》重刊于平江（今江苏苏州），从而使建筑技术起得南北交流作用。

宋代在北宋时本设有修造司和东西八作司，承担皇家宫室的建造和修缮事宜。修造司后称修内司，隶将作监。到南宋时修内司已领有兵士一千人，经常掌管皇城工程设计和施工任务。绍兴十二年（1142 年）首先建造南内，因大内宫殿有两组建筑，位于子城内的“东沿河（钱塘江）西至山岗（凤凰山），自平陆至山岗，随其上下以为宫殿”[26]称南内。在子城和宁门外望仙桥东北就秦桧旧宅改建的德寿宫称北内。南内虽系正衙（即最主要的宫殿），但较之北宋汴梁的规模却要小得多，并且还创一殿轮番易名使用的制度，这也是其它朝代所没有的。《宋史》卷八十五《地理志》说：

“建炎三年闰八月，高宗自建康如临安，以州治为行宫，宫室制度皆从简省不尚华饰，垂拱、大庆、文德、紫宸、祥曦、集英六殿随事易名实一殿。重华、慈福、寿慈、寿康四宫、重寿、宁福二殿随时异额实德寿一宫。延和、崇政、复古、选德四殿本射殿。……天章、龙图、宝文、显猷、徽猷、敷文、焕章、华文、宝漠九阁实天章一阁”。

据此，南内宫殿似只垂拱殿、射殿、天章阁等数座而已。德寿宫在北内，除宫室、亭、台、楼阁外，并凿大池，续竹笕数里引西湖水注之，池上垒石为山象飞来峰，有“小西湖”的称号。布置精雅，花木泉流，是赵构引退以后居住之所，故以园林胜。

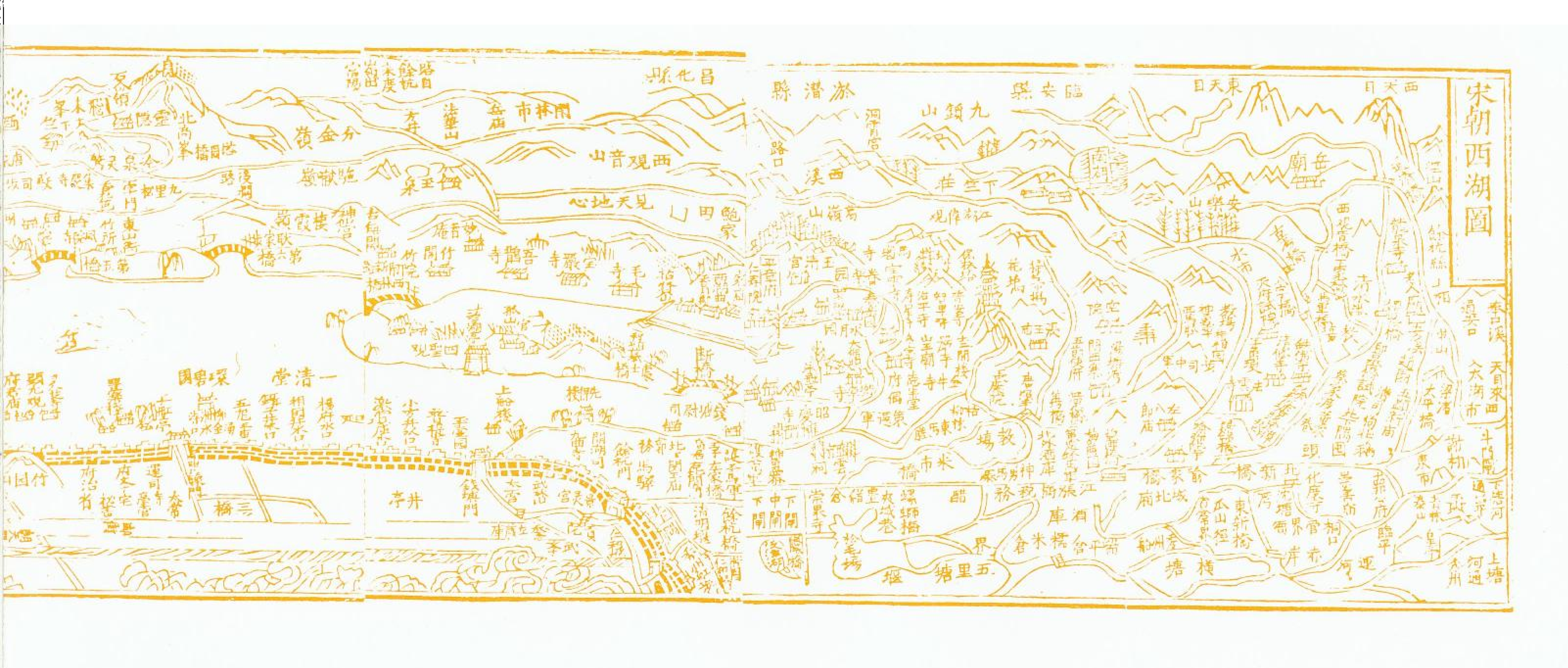
临安是当时的首都，又是一座商业消费性的城市，整个统治阶级从建国到亡国，一直在杭州过着腐朽的生活。商业建筑中有酒楼、货栈等，其中货栈属之“湖房”尤为特色。

临安大街上的酒楼是高层建，当时酒、醋都是实行官卖政策，城里醋库很多，酒肆也盛。《梦粱录》卷十六述中瓦前的一家酒楼说：

“中瓦子前武林园，向是三元楼康、沈家在此开沽。店门首彩画欢门，设红绿杈子，绯绿帘模，贴金红纱栀子灯，装饰厅院廊庑，花木森茂，酒座潇洒。但此店入其内，一直主廊约一二十步，分南北两廊，皆济楚阁儿，稳便座席。向晚灯烛辉煌，上下相照。”

此与《东京梦华录》卷二酒楼条记载相同。又“清明上河图”所示汴梁酒楼为二层高楼，“平江图”碑上也刻有巍然临街耸立着的二层酒楼，在《事林广记》乙集卷一的“东京城图”中，白礬酒楼则作三层式，想临安亦如此。又当时酒楼还有用木叠构架成如井字形式的称“井字楼”。

“湖房”就是临水建筑，当时西湖旁边的孤山是风景区，《遂昌杂录》的作者元中叶时代人郑元祐曾见到这类代表作品，书中写道：“余童时尚记孤山之阴一山亭在高阜上曰岁寒，绕亭皆古梅。亭下临水曰挹翠阁，上下皆栱斗砌成，极为宏丽。”所谓上下皆栱斗砌成，亦即木构建筑。此阁并施以黑漆，为此《武林旧事》称它旧时名“黑漆堂”。无论称阁、称堂，因为它系临水而造，事实




N



图12-4-7　南宋临安城复原图

上就是水榭一类建筑物。此阁造于宋淳祐十二年(1252年)为孤山西太乙宫的同时期作品。

“湖房”用之于商业上的大型作品是“塌房”。所谓塌房即货栈、堆栈之类房舍，塌房的名称起自南宋，但直到明代还一直沿用[1]。临安城在南宋时是海内外的贸易港口，从国内外来此的货船甚多，如自平江、湖州甚远至淮、广等地运来的米，严州、婺州、衢州、徽州等地运来的柴、炭、果子，明州、越州、温州、台州等地运来的海鲜鲞、腊等货物，以至砖瓦、食盐、灰泥……等船只云集，因此“塌房”的出现自非偶然。《梦梁录》卷十九说：

“城郭内北关水门里，有水路周回数里，自梅家桥至白洋湖、方家桥直到法物库市舶前，有慈元殿及富豪内侍诸司等人家于水次起造塌房数十所，为屋数千间，专以假赁与市廊间铺席宅舍，及客旅寄藏物货，并动具等物。四面皆水，不惟可避风烛，亦可免偷盗，极为利便”。可知当时塌房多造于城北白洋湖四周一带地方，不仅临水且四面皆水，是名符其实的湖房。所用建筑材料，从《马可孛罗游记》中称它为“石头货栈”来看，显系是石结构的房屋。由于当时塌房造得很多“为屋数千间”，故附近的桥梁也因此有取名塌坊桥的，如咸淳《临安志》“宋朝京城图”茅山河上一桥即此名。

街坊：城市道路宽的称街，狭的称巷，坊则起源于汉唐时代城市区划之坊里制度。自宋以后由于商业发达，在街上设立了许多商店、酒楼、茶肆等，商业活动早晚不息，也出现了经常性的“夜市”。这样封闭式的坊里已经不能适应商业发展的需要，进而废弃，改变了汉唐以来的城市结构，除杭州外，汴梁、扬州等都如此。但由于习惯相沿，南宋临安城虽坊的形制已经没有，但街道地名还是叫坊，如太平坊、里仁坊……等，可是它的含义已和宋以前不同，即不是指一个住宅区域而是指一条街道。

“御街”是临安的主要道路，位于子城(凤凰山)的北面，街的两旁有许多“市”。并且它又把全城划成东西两大部分，临安如此，汴梁、建康也莫不如此。咸淳《临安志》卷二十一记述了御街的位置和长度：

“自和宁门外至景灵宫前为乘舆所经之路，岁久弗治。咸淳九年(1271年)安抚潜说友奉朝命缮修内六部桥路口至太庙北，遇大礼别除治外，袤一万三千五百尺有奇。旧铺以石，衡为幅三万五千三百有奇，易以阙坏者凡两石。跸道坦平，走毂结轸，若流水行地上。”

御街不称坊，这是沿用汴京旧制。它的起讫点自城南和宁门开始，一直向北经众安桥，观桥在近天水院桥处望西迄余杭门内的斜桥止，全长一万三千五百尺全铺以石。临安街道除用石板铺筑外，还有采用砖砌的。意大利人马可孛罗元初到中国时曾到过杭州，并也见到了南宋时代许多遗迹，关于街道工程方面他曾在游记中写道：

“首先应该注意到行在(杭州)的所有街道都是用砖与石铺砌的，……但是皇帝的信差却不能骑在马上疾驰人行道上，所以道路的一边，为了他们之故，没有铺上砖石。城内主要街道，从一端到另一端，所铺的砖石每边有十步开阔。中间部分填满了小的砾石，并筑有拱形的明沟，宣泄雨水到附近河渠中去。故街道经常是干的”[27]。

马可孛罗在至元二十八年(1291年)离开了中国，距宋亡不远，所见当属昔日陈迹。游记中又提到了当时的下水道设备已很齐全。

南宋地势城内较城外低，因此街道地面也低于西湖。但时至今日由于尘土与杂物的堆积，日积月累，原来的旧城街道早埋于今城地下，如1973年在清河坊劳动路口地面下3米处发现过砖砌街道的遗迹。经鉴定砖系南宋物。又民国间竹杆巷(今笔杆巷)某宅后池掘地约丈许，乃有过去居宅的地平砖出现。坊，本来是指方形四周有墙壁围绕的一个区划地面而言，待北宋坊里制度废弃之后，坊又变为指街道上面所立的坊表即牌坊之类建筑说了，刻于南宋绍定二年(1229年)的平江图碑上就有很明显的揭示坊名的坊表图样可证。同时代的平江府城街上有坊表，但作为首都的临安京城却没有。《西湖游览志》卷二十说：

“御街，归铺石板，经涂九轨，砥平矢直。至元时，两岸民居稍稍侵占。然绰楔无敢跨街建者。皇明正德已前犹然，至嘉靖元年(1522年)御史何钺始为多贡士建坊于吴山坊北，自是题名绰楔并肩而立矣。”

根据这一资料，可知在明代嘉靖年前，杭州还没有街上建立坊表(绰楔、即坊表)之例，其原因是：“杭城多火，自绰楔跨街，而火益炽，以木则易于燎延，以石则人惮崩摧，莫敢向迩扑救。”

这一点与《梦梁录》卷十所说的：“临安城郭广阔，户口繁伙，民居屋宇高森，接栋连檐，寸尺无空，巷陌壅塞，街道狭小，不堪其行，多为风烛之患”相一致。为此当时牌坊无论是木为石，都不准建造。

河桥：宋时城内河道大体上仍袭五代吴越之旧，但北宋时代犹存的茅山河，到南宋时已大部填塞，仅仅留下了北面一小段。其填塞原因，河南部系因建德寿宫拓宽地基，河中部则为居民用作筑宅，而大部系皇城修内司营盖房屋所致。其他盐桥河、清湖河、市河仍保存完好都作南北向。另有若干条俗称横河的都作东西向，虽然横河起讫地段很短，但是对于城内外的水路却起到了很大连络作用。城外河道比城内更多，详见南宋临安城复原图(图12-4-7)。

城外河道每因水运发达形成了码头市，其中以城北、城南二处最为繁盛。城北的在北关，即咸淳《临安志》“宋朝西湖图”中的秀州船步。“北关夜市”曾被列为杭州八景之一。这地区最热闹，各种时新珍异的货物都在这里出售。在城南的则以龙山河起点的江儿码头最重要。再向南直至钱塘江边的六和塔，塔的地位特别突出。当入晚时，海船夜泊者，每“视塔中灯光以为指南”[28]。

自六和塔起一直向东北到东清门(菜市门)为止，蜿延长达十二里，北宋时犹为土塘，庆历年间(1041年顷)始改筑石堤(《神州古史考》谓即隋唐城基)。

南宋桥梁当时叫桥道，《梦梁录》卷七所记桥道计分大河、小河、西河、小西河、倚郭城南、倚郭城北六大类。大河桥道即指与御街平行的盐桥河桥梁。盐桥河系南北方向，故此河之桥多为东西向，计有登平桥、六部桥、黑桥等三十二座。小河桥道即指与盐桥河平行的市河桥梁。自宗阳桥转西钟公桥起为清冷桥、熙春桥、灌肺岭桥等三十三座。其中出御街投北之众安桥和怀远坊出御街投北之观桥是“梁式桥”即平桥，因为桥位于御街上系皇帝进香景灵宫时车辇所经，故必平坦一如汴京的“州桥”式样。其他的桥则多“拱式桥”，这样便于舟船往来。西河桥道即指与盐桥河、市河南半部平行的清湖河桥梁，自旱河头直北到众安桥为止，计普济桥、施家桥、侍郎桥等十五座。详见临安志“京城图”及本节复原图所示。

临安拱式桥形制较大的可以盐桥河上的盐桥为例。嘉靖《仁和县志》卷七引元胡长孺“广福庙传”说：

“虎林城东北陬，巍然石梁驾大河为盐桥。民间食盐由江来舟载，至是携去，以是得名，桥颠，北横栅木其下，而立屋其上，为广福庙十七楹，门南向，士女祠者争道出入常拥溢。桥东西四十余丈不得行。”

古代拱式桥梁在它的顶部每造亭、建屋，前者作为行人休息及饮茶之用，故也称茶亭。后者有的作酒楼，如同河上的丰乐桥酒楼(丰乐楼)例，有的则作寺庙，如上引盐桥广福庙例。盐桥河南宋时东西广达四十余丈故称“大河”，但到后来逐渐狭隘，明时只有十余丈，清时更小[2]。盐桥又称联桥，因桥上有庙，石板加阔，联两桥为一，故名。

临安用石板铺砌的梁式桥也很多，据文献记载如贡院桥即是，嘉靖《仁和县志》十一说：“钱明宫，其前有桥曰贡院桥，小石碣尚存。”钱明宫建于吴越宝正六年(931年)，建宫同时也建桥，又以形制俗称阔板桥，县志述其构造以桥心但用丈许大紫石一块，两头跨街处亦然。桥柱上到南宋时加刻“贡院”两字，故名。

以上城郭、宫室、街坊、河桥是南宋临安城市结构的四个重要组成部分。历代建设都城为了巩固政权又必然将全城内外分成若干区域以便统治。南宋时也如此，并将每个区划称做“厢”。凤凰山一带多是外郡富室寄居致有“客山”之称[29]。从而形成郊区即城外人口拥挤现象，为此绍兴十一年(1141年)乃置城外南北两厢以致管理，此为临安设厢之始。一直到淳祐时期(1241年)在城内也先后共设九厢，计宫城厢、左一北厢、左一南厢、左二厢、左三厢、右一至右四厢(图12-4-8)。

临安，在历代的都城中是一座比较有特色的

1)《明史·食货志》谓命于三山诸门外，濒水为屋名塌房，以贮商货。又《图书集成·考工典》库藏部汇考引《明会典》谓洪武二十四年，令三山门外塌房许停积各处客商货物，分定各坊厢长看守(三山门即南京水西门)。

2)《西湖游览志》卷十六谓广福桥在盐桥上，桥东西十余丈。康熙《仁和县志》谓盐桥河即宋运河，宋时为米、盐运输孔道，修广倍于今时。

城市。整个城市规划布局并不追求宏伟的气魄，这样也就出现了广泛利用原有城市基础的特点，城市平面成为窄长条形。同时，由于商业经济的发达，使它带有当时一般商业城市的特点，沿街布满市肆店铺，城市河网密集，水陆交通发达，城市市政工程也较过去的都城更为完善，临安成为南宋时代全国的政治、经济、文化中心。

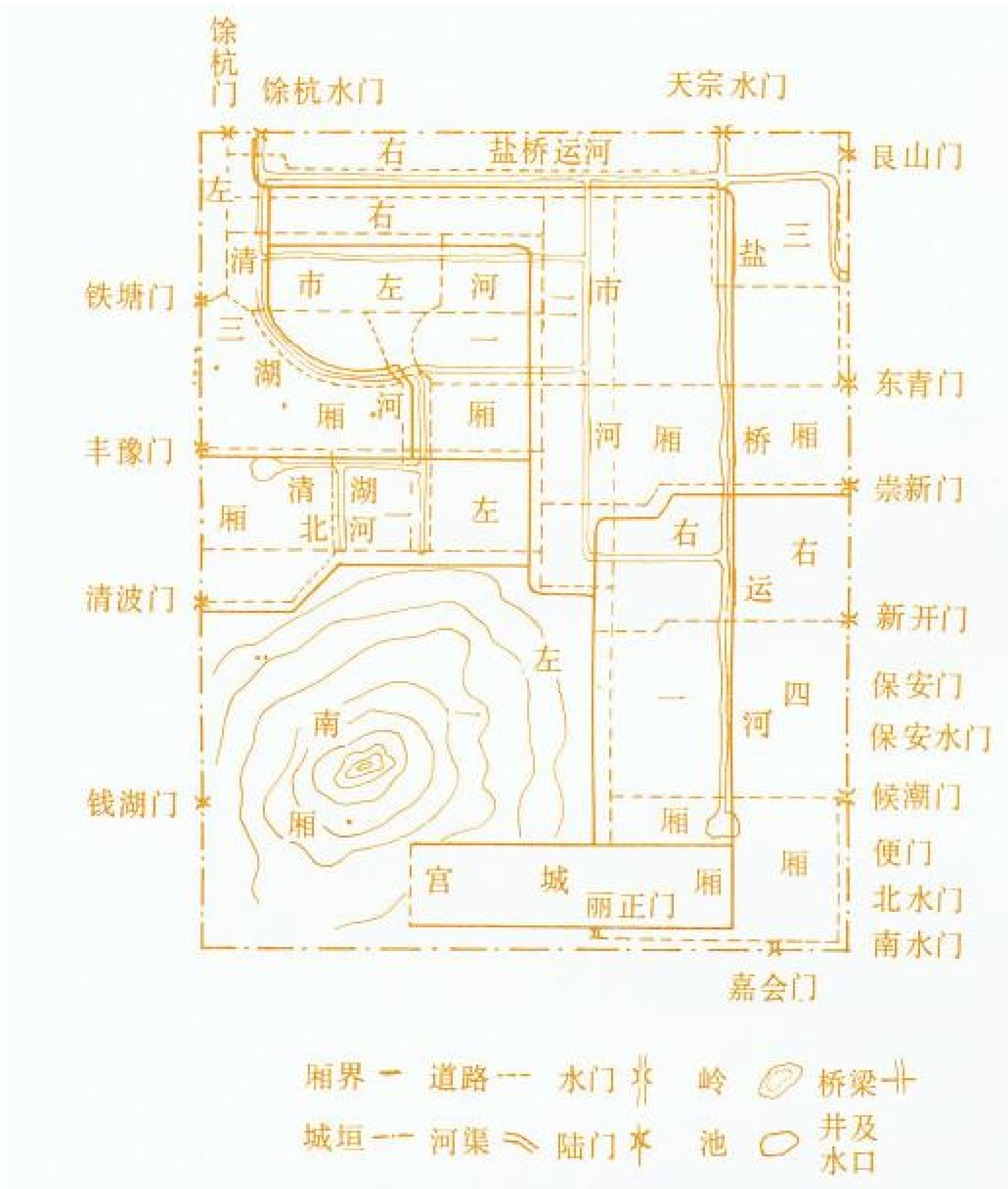


图12-4-8　南宋临安厢区示意图

第五节　宋平江府城与静江府城

一　平江府城

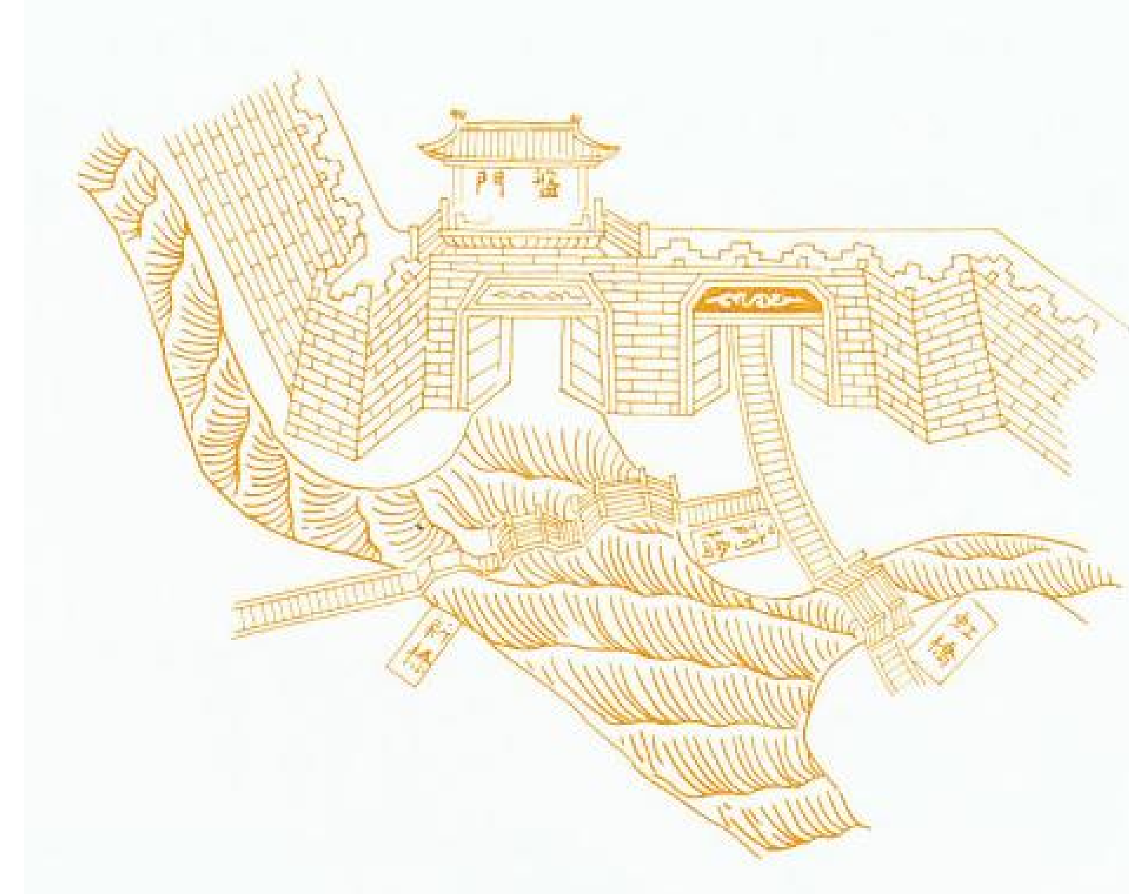
平江是南宋时代的府城，也是春秋吴国的都城，今江苏省苏州市的城厢范围，就是它的故址。此城位于长江下游南岸，东通吴淞江，南临太湖，北近阳城湖；西部有灵岩、天平、邓尉、穹窿、尧峰、七子、上方等山。常年主导风向是东南风，受海洋性气候影响属潮湿温暖地区。境内河道纵横，四通八达，拥有优越的地理条件，故在农业生产方面非常富裕，鱼米丝茶大量输出，商业、手工业也很发达。因此从春秋吴国建都到宋设立府治，除在隋代曾改州、置郡，并一度把郡邑西迁横山重建新城外，在一千六百余年中（公元前514年—公元1113年）未曾废弃过，并且城的位置从未移动，这在城建史上是很少见到的例子。

根据《史记》卷三十一记载，周太五时（公元前十二世纪），他的长子泰伯及泰伯之弟仲雍曾循汉水南下，统治了长江下游。到武王克商分封仲雍的重孙周章建立吴国，拥有今江苏省及浙江省一部分地区。当时这一带还是人口稀少，所谓"夷蛮"之区，直到寿梦执政，吴始益大，称王。传至阖闾，平江城的基础基本完成。隋开皇九年（589年）设州，因城有姑苏山始称苏州。历唐至宋，苏州逐渐繁荣，当时东南沿海一带舟舶往事，可由吴淞江直达苏州城下。宋开宝八年（975年）称平江军，因为那时苏州地方还是吴越王所管，后属宋统治于政和三年（1113年）升为平江府。宋绍兴八年（1138年）从东京汴梁（开封）迁都临安(杭州)，因平江介于建康（今南京）与临安之间，形势更为重要，是当日南宋王朝在江南的一个封建据点。由于地理条件，它已具备了古代水网化城市的典型，而且在建筑技术上也有它一定的成就。

（1）城址选择：平江城不受《周礼》的约束，自成设计体系，对后世影响很大。当建城之始，吴王阖闾问计子胥："吾国在东南僻远之地，险阻润湿有江海之害，内无守御，民无所依，仓库不设，田畴不垦，为之奈何?"子胥说必须"立城郭，设守备，实仓廪、治兵库"。阖闾乃委子胥使相土尝水，象天法地，以筑吴城[30]。当城址选择时，必先"相土尝水"，也就是汉晁错所说的把城市建立在要害之处，通川之道外，还要"尝其水泉之味，审其土地之宜"[31]，即注意自然条件和经济资源结合军事部署作全局性的战略安排。由于该地处险阻、润湿有江海之害，子胥就从"治水"这一点出发，除首开运河环绕城周外，又在城中开凿许多小河，纵横交错，造成了一座水网化的城市，这样不但便于水上交通运输，而且对居民用水、消防和排水等来说都很方便，故地虽低卑，自唐宋以来还没有发生过重大的水灾。

城的西部以阳山为主山，屹然独高，立三十里外。其余岗阜累累皆其支陇。并盛产花岗岩，蕴藏量极大，当地统称金山石。石质坚硬，结晶美观，可作高级建筑材料。还有洞庭西山和光福邓尉山，产石灰岩。石灰岩除烧制石灰外，还可以作一般建筑材料。而阳山本身又产"白垩"，可用圬墁，洁白如粉，唐时岁以供进[32]。此外洞庭西山还出产湖石，尧峰山出产黄石，都可用作园林叠山之用。这些材料对城市建设提供了有利条件。由于选地好，隋开皇十一年（591年）将城址迁至横山后，到唐武德九年（626年）终认为"地势不可迁，"复还归旧城。

（2）平面形制：平江城的平面形制来源于吴城，宋朱长文《吴郡图经续记》及明王鏊《姑苏志》均称城为亚字形。这就是说，城的平面春秋时代吴始建都城时，不取《周礼·考工记》规定的方形而采用亚字形。其实，平江城为什么一直沿用此平面是有道理的。据刻于南宋绍定二年（1229年）的平江图碑所示，城的平面与附近地形、护城河以及附近河流有关。宋刻平江图碑是研究我国古代城建史的一份重要资料，也是评述宋平江规划意图的重要依据。它将城的轮廓、道路、河桥的分布以及重要建筑物的位置都采用古代传统画法，即在整个平面原来建筑物位置上画出立体图（图12－5－1），城分内外两重，大城的东北和西北角都抹角，而西南角略向外凸出呈弧形，东南角又是工整的直角形。如果城墙转角是直角，护城河就要随城墙转弯成直角，而护城河河深面阔，水急，流量大，90°转弯角度太小，抹角后可以将直角改成钝角。角度大了水流就比较畅通，对排水和行船都较有利，洪水到时，亦可以避免将河堤冲坏。所以大城的东北和西北角都抹角。


图12-5-1　宋平江图碑拓片

大城的西南角不抹角，略向外凸出呈弧形，而盘门又朝东南向。因盘门水陆两门规模较大，西南多山，地势较高，又接近太湖。山洪发水，水大流急，所以将城西南角略向外凸出，使护城河的水绕过城的弧形转角，不进盘门而入运河，盘门单纯作为出水门。这样不仅可以避免洪水冲灌城内，同时也利于防御。城西胥门只开一座陆门，没有设置水门，后来陆门也封闭了，可能为了这一缘故。城东南角就不同，在护城河转弯处有一"赤门湾"，湾的水面较宽阔，有一条河与它连接，因水的流向是由北向南，由西向东，这样城东和城南护城河的水不必再转弯，可直接由"赤门湾"流入另一条河入湖，城东南角护城河角度小也无关紧要，故东南角城墙没有抹角。说明当时在设计城的平面时，是考虑到各种因素的，特别是水的问题更为注意（参见图碑护城河形势）。

（3）城垣、宫室：吴城有内外两重，范成大《吴郡志》称："大城周回四十七里，陆门八，水门八小城周十里。门之名皆吴子胥所制，东面娄、匠二门，西面阊、胥二门，南石盘、蛇二门，北面齐、平二门。唐时八门悉启。今（宋）惟启五门。"城的面积，文献记载每不相同[1)]。这大约是历代尺度不同，或城址周界互有变迁，特别是因为从春秋战国以来，城址不知经过若干次的修改和拆毁后又重筑[2)]。城门之名，历代基本不变，据图碑所刻宋时五门计：东面娄门、葑门，西面阊门（原胥门已闭塞，门楼址改作姑苏台），南面盘门，北面齐门。

城垣情况根据解放后城内钻探的资料，地下的瓦砾有六、七层之多，厚达三、四米，同时在几处城墙上发现过六朝墓葬群，证明到六朝时代平江还是一座土城，并且城市的地平面比现在的城要低得多。春秋到六朝，城墙一直是土筑的，但表示在图碑上的城墙，则已完全用砖所砌了。南宋时代的平江城已经在原来土城外面包了一层砖。依照文献说是在五代梁龙德年间就原土城包

1）如《吴地记》谓大城四十二里三十步，小城八里二百六十步。《吴郡图经续记》谓大城四十里，小城十里。《太平寰宇记》谓三十里。卢熊洪武《苏州府志》谓三十四里五十三步九分等。

2）根据新旧《元史》及江浙诸方志城池门记载，元初曾下过统一诏令，命令各地把城垣一律拆毁，平江当也不例外。

砖，卢熊《苏州府志》引《图经》（按即《吴郡图经》，已佚）云："（唐）乾符三年（876 年）刺史张搏重筑，梁龙德二年（922 年）四月砖甃，高二丈四尺，厚二丈五尺，里外有濠。"然1955年苏州市园林管理处在清理虎丘山唐陆羽井的时候，曾经发现井底两壁的砖与苏州城墙内出土的砖系同一形制，即一种狭长形式的砖，砖长约30厘米，宽约8厘米，厚约2.5厘米。据此，则至少在唐时代已加砖砌，以后五代时吴越王钱镠重加陶甓砖质特坚。至于平江图碑所刻依照府志记载是南宋嘉定十七年（1224 年）重修城墙后的全貌。大城内外设双重护城河，这也是古代城市少见之例。史称平江城"濠堑深阔"，其外城河阔约四十丈，本系运河。至内城河的成因，殆因土城年久失修，后来重筑时乃就地取土，故成为濠。

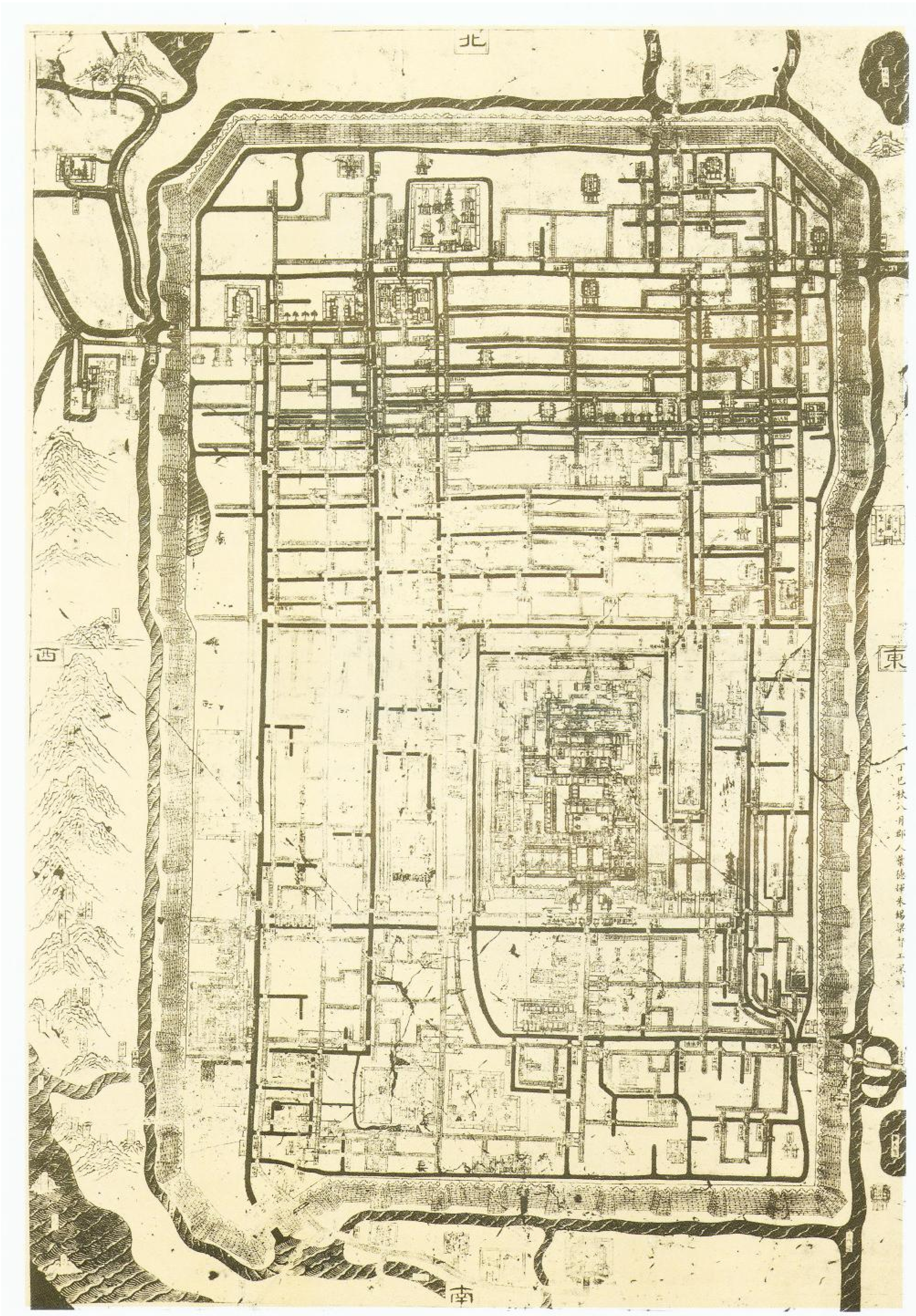


图12-5-2　宋平江图碑所示盘门形制

据图碑所示，城墙每相隔一定距离向外凸出马面一个，底部很宽向上逐渐收小，上宽只相当于底宽的三分之二。因为随着军事技术的进步，需要不断改进城防技术。依照实践证明，马面必须长而且密，这是由于利于防守的缘故，使敌人不能近城，如果马面很短而且分布稀疏，一旦敌人到达了城脚，那么即使城墙很厚，还是很危险的[33]。南宋平江城的马面共有六十余座，一到作战时上面就搭置战棚，城墙顶部排列着整齐的雉碟，所以城墙的建筑技术也是配合军事需要而来的。

外城门有五座，计北面偏东齐门，南面偏西盘门，东面偏北娄门，偏西葑门，西南偏北阊门，门皆水陆两门。城西偏南原有胥门，宋时已闭塞，在原门楼处改建为姑苏台、五门中盘门上面有闸楼，平时除驻有许多士卒外，复储存大量武器和物资以为防御用，至于其他诸门不详。盘门规模较大，水陆两门并列，门朝向东南。两门皆梯形，用木柱和横梁做成支架，木柱上横梁两端各有一根小柱斜撑着一个比横梁略短的横木，里面用砖填砌，横梁下即门洞。水门内有两道闸门，外高内低，以控制水位。其他水陆城门的结构和盘门相似。南宋"平江图碑"有其形制，可供参考（图12-5-2）。

平江大城内有小城，亦称子城，始建年代与大城同，故城墙构造也相似，惟马面仅在城门二侧及城墙的转角处(角台)。小城位置虽在大城的中央，但略偏东南，这也与古制相违。城作长方形平面，长与宽约为三与二之比，其四边与大城四边互相平行，全长约十里左右，设计颇有规律。城的四周有泄水沟(代城濠)，建自唐僖宗乾符二年(875 年)，明初在谯楼西的小石桥是其遗迹，石上并有建制年代及勾当料匠等姓名铭刻可证。城的高度，据文献记载高二丈五尺五寸，底部厚二丈三尺。

小城城门《吴郡志》载有三，但碑刻所示只见南门及西门，另一门依设计惯例疑在北城墙的齐云楼下面，因为这样才能与南门在同一中轴线上。依位置论，南门是正门，北门是后门，西门则是侧门，东面所以不开门，殆因府治中轴线偏东临近城墙，过道太狭短，门址不能采取对称方式之故（图12-5-3）。

此外，城复附建小城门三，依照《越绝书》上的记载，其二是水门，一是柴路。但此之所谓水门，与前述大城八门之水门不同，因为子城之内并没有大的河道，故不需辟水门。依照"柴路"名称来推测，则水门殆即运水之门，而柴路亦即运柴之门，盖水和柴都是生活上的必需品，如果从正门运进诸多不便，故另辟便门为之，惟位置无考。

城门之上都有楼，南面正门门楼面阔五间，屋顶单檐九脊，下有高台，四周栏杆。正门原来

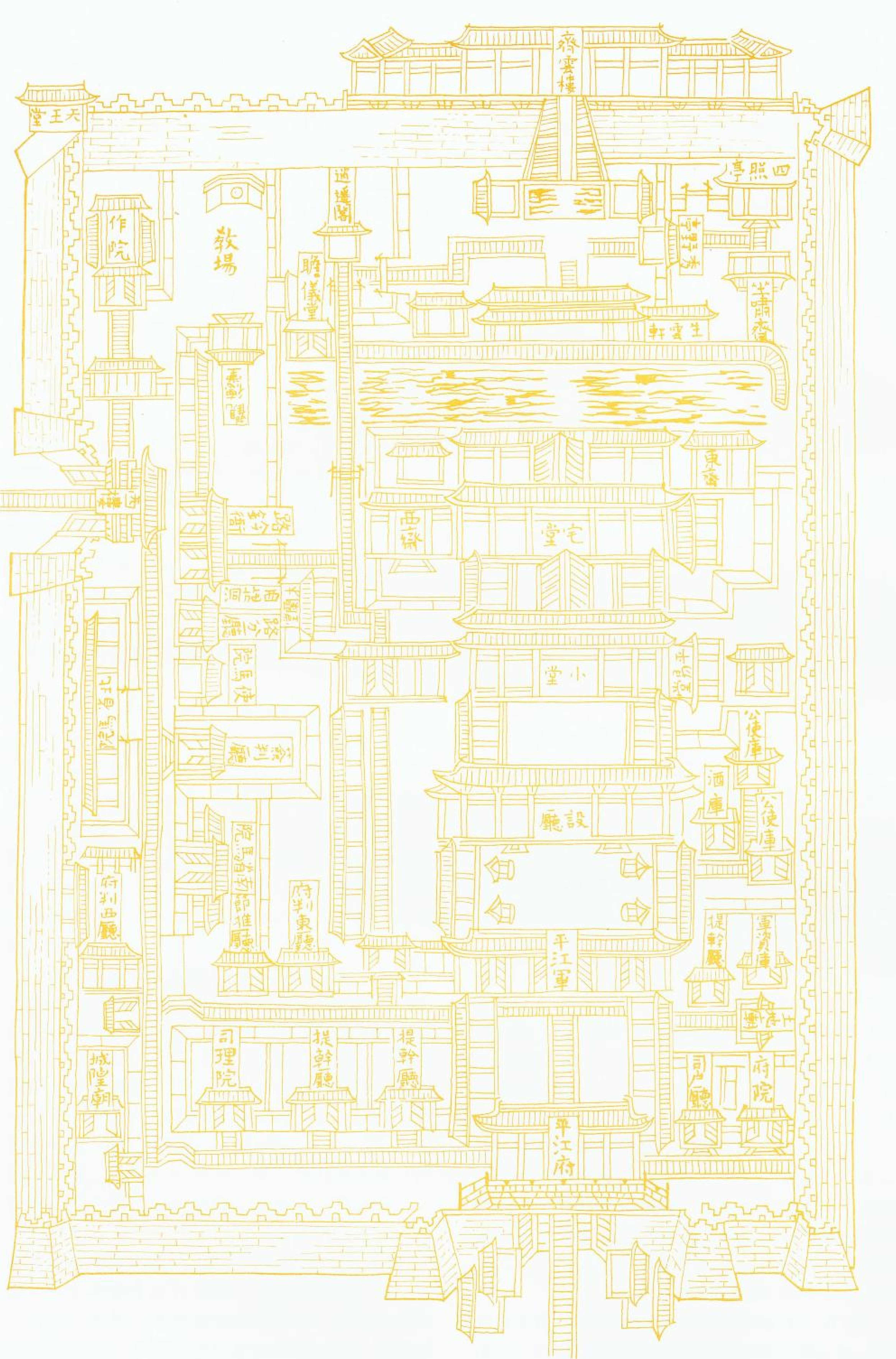


图12-5-3 宋平江图碑所示府治（子城）

拟作官门，故门楼规制较大，但两旁挟楼迄未建起。改府门后，上为谯楼，作报时、报警之用。偏门城楼称西楼，因位在城的西面，面阔三间，屋顶单檐五脊，平台四周设栏杆。此楼在北宋时代一度取名观风楼，可能是当时观察风向的地方。城上除西北角单独一座天王堂外，北面还有一组建筑，主楼叫齐云楼，位于府门中轴线上，面阔五间，屋顶单檐五脊，西侧有庭堂连接，楼南城下筑高台踏步，由此登楼。此楼建筑华丽，本系古代月华楼的旧址，南宋时代扩大。此楼之名曾见白居易《香山集》，所以自唐以来就成为吴中名迹。

小城内的建筑物有府院、厅司、兵营、教场、住宅、园林、库房、庙宇等。在布局上因大门不在正中，没有采用对称方式，但主要建筑如平江军戟门、燕犒将吏的设厅，还有郡守办公和居住的小堂、宅堂以及宅后花园内的大厅和齐云楼，都在正门的中轴线上。由于正门偏东，东边面积小，规模稍大一点的建筑如教场、兵营、作院、城隍庙和一些厅司都集中在西边，把偏门开在西边也是这个缘故。城内道路仅西南角有一条很短的小河，河上两座小桥，但花园内池塘较大。

综观平江府城建筑，在整个布局上除了把统治平江两个军政机关设在小城即城的中心外，城南和小城正门附近多为府属的一些机构。还有府文庙、贡院、都税务、姑苏馆和韩园，占地都很大。谷市、鱼行、丝行、茶馆、酒楼、等等，大都集中在小城附近西北角的乐桥和利市桥一带。县署都在城北；吴县署在西，长洲县署在东。县署以北是居民密集地区。城内寺庙规模较大的有天庆观（即今玄妙观），在长洲县署前。报恩寺、能仁寺在西北角。定慧寺万寿院在城东。开元寺、瑞光寺在盘门附近。小一点的寺庙则大多建在居民区内，总计全城共有寺庙五十余处。从城内整个建筑的分布来看，显然已经将一般居民、市区、官府和上层阶级的住宅划分开来，城内最优越的地方都为统治阶级所占有。

（4）河道、桥梁：平江向有“泽国”江南水乡之称，盖“地势倾于东南，而吴之为境居东南最卑处，故宜多水”[34]。平江位居太湖的下游，当胥口及鲇鱼口的出口，太湖东北流出的水都经过平江，东由至和塘（娄江）以达浏河，东北由阳城湖以达七浦塘。北由元和塘以达白茆塘而总归于长江，入于东海。平江城郊的水道，不但多而且都是活水。平江水就是利用原来的水道作为界限，此水道即吴淞口（俗称苏州河）、娄江、运河和胥江的一部分。其中运河由西而东，绕过平江，又自北而南经过吴江，直达浙江嘉兴，它环绕着平江城的四周，是其主要水道之一，并且同时又成了天然的护城河，即城濠（图12-5-4）。不但四郊四乡如此，就是城里的大河小流也与陆上的大街小巷齐观，其分布之形几如棋盘，而城北居住区的河道尤为密集，因此往往住宅前面临街，后门即临河（图12-5-5）。这样在古代城市中对用水、消防、排水等各方面都造成了有利条件。

平江城内河道一般多呈南北或东西向的直线状，很少弯曲。南宋时代大小河道计有纵六条，横十四条。在西城根还有一个“夏驾湖”，面积虽不大，但它通向附近河道，实际上是一个大活水塘。城内河道绝大部分是用人工有计划开凿的。

河的宽度平均二至四丈，深约一至二丈。河

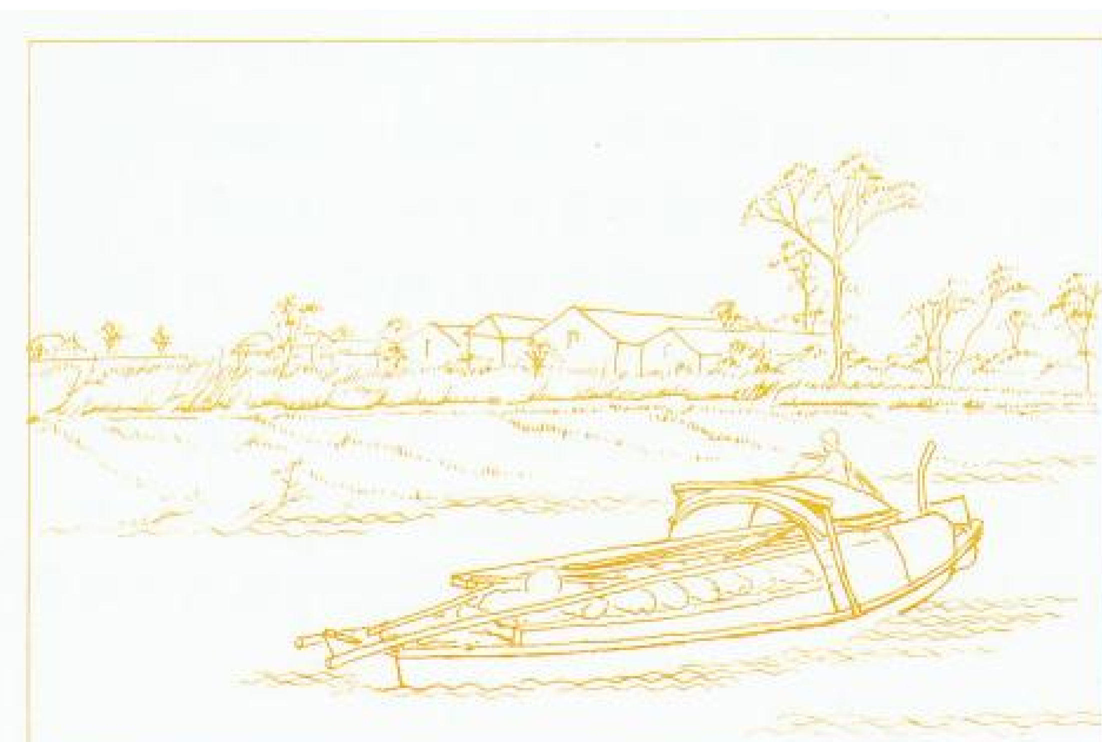


图12-5-4 苏州护城河

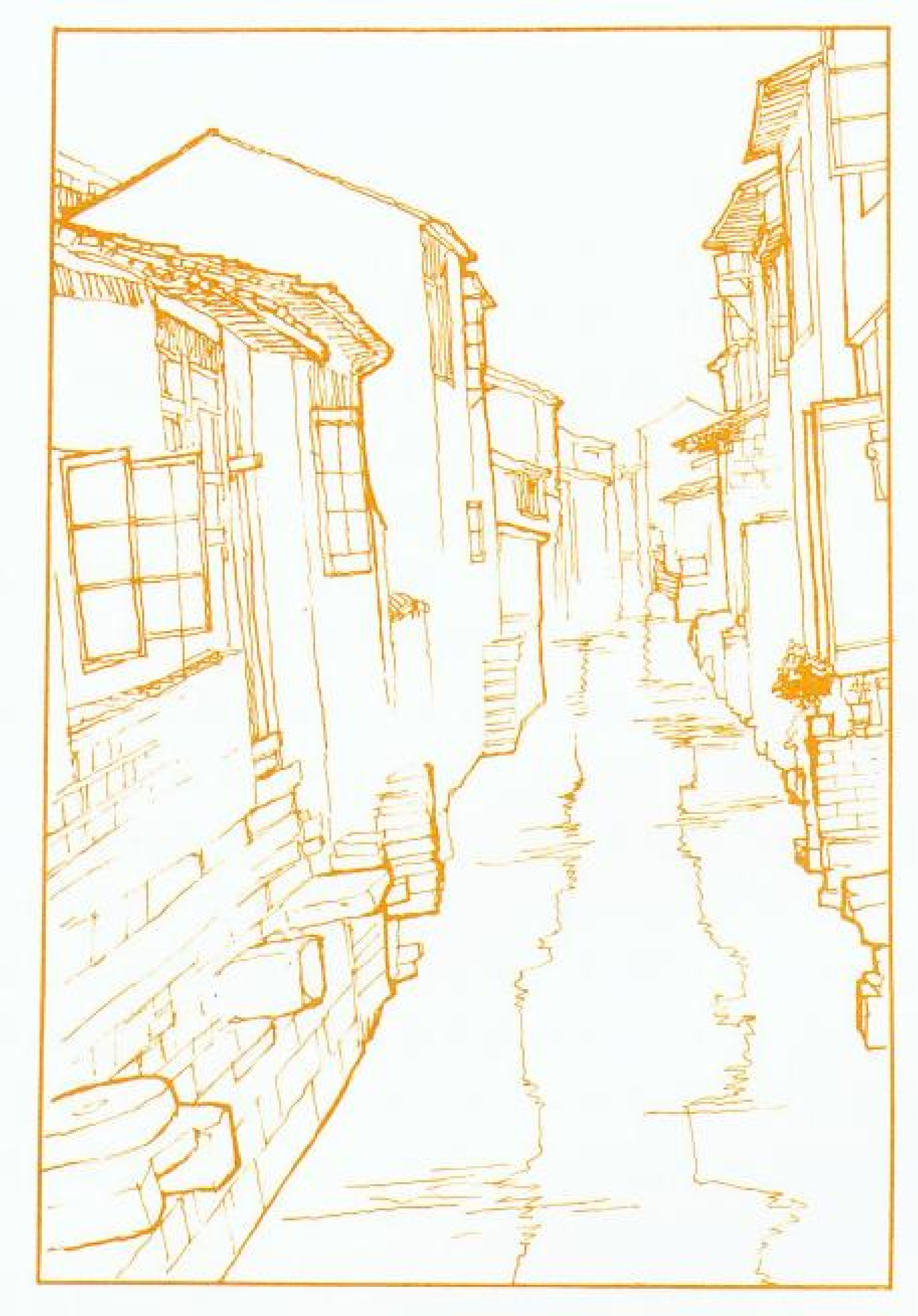


图12-5-5 苏州城内沿河民居

道少的地方河身宽，多的地方河较狭，一般河岸很陡，几乎呈垂直线，这是因为城内河道多，这样即可达到原设计宽度而又不多占城市用地面积。由于河岸陡直，土筑容易坍塌，多用石构。至基础则均匀木桩，上面覆盖二至三层大块石，外墙用侧塘石（大条石）丁顺干砌，墙里叠以连石（即近似圆形大石块）。河上码头很多，亦都用石筑，根据不同的地形和需要，有的是直坡下来的，有的是一面侧坡下来的，有的是两面侧坡下来的，有的上面两边侧坡而下面直坡，还有顺着驳岸悬挑斜坡下来的。

根据当时情况分析，平江城开凿河道主要是为了交通，使城内的河和近郊的河构成四通八达的水上航线，利用大小船只来代替步行和车马运输。在功能上，它又可以排水蓄水。河道的蓄水除消防外，部分地供应城市用水，同时还可以调节城市的气候，美化城市。

由于河道多，城内桥梁也多。平江桥多为石构，主要是因为当地盛产石料，同时气候潮湿，桥梁也不适宜用木构。拱式桥的跨径长，桥洞高，在城内建造比平桥实用，所以拱式桥又比平桥多。桥梁分布情况试以城中心的乐桥为准，则在它东北者有百口桥、临顿桥、苑桥等八十五座，在它西北者计有皋桥、三太尉桥、都亭桥等八十座；在它东南者计有乘鱼桥、乌鹊桥、竹隔桥等六十四座；在它的西南者计有孙老桥、西馆桥、太平桥等四十七座。城内桥梁结构和样式，因为历代河身宽狭没有什么改变，所以与现在苏州保存下来的明清时代石桥大致相同。但有一不同之点，就是宋代石桥每多雕刻和题记，上载建桥年月、建造人姓名以及造桥缘起等。过去在城的东南隅有百狮子桥，桥作拱形，石质为赤褐色（紫石），桥栏上有狻猊雕刻，每二头成一组，表现出戏逗、跳踉、跳跃、伏卧等姿态，极为生动（图12-5-6）。此桥名称虽不见于《吴郡志》等宋代文献记载及碑刻，但从石刻作风观察，当亦为明季利用南宋旧物修建的桥梁。

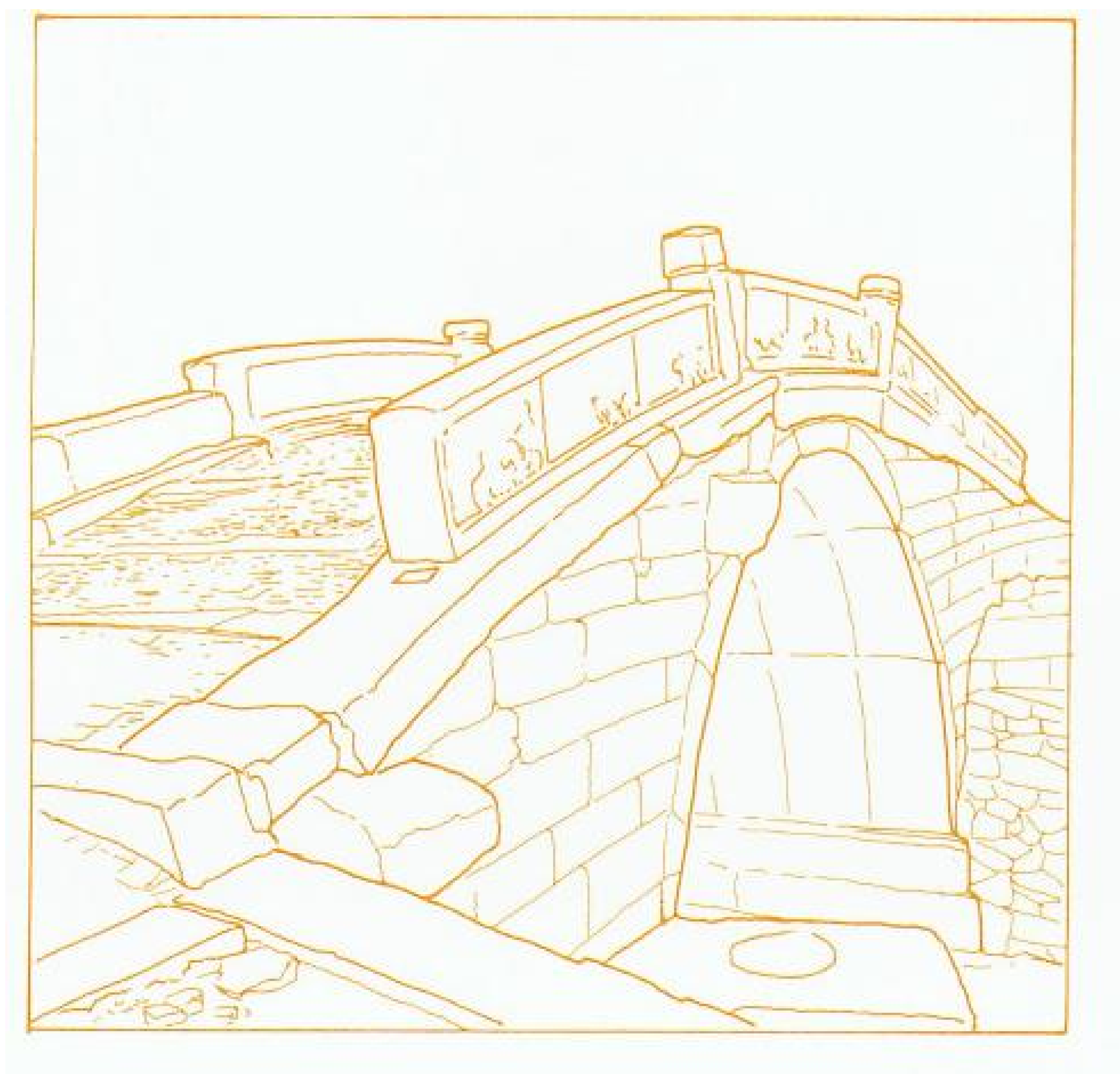


图12-5-6 苏州百狮子桥

（5）街坊、市井：平江街巷极为整齐，在城内都作东西对称式。主要街道延伸较长，有很多垂直的小巷与它连接。有些道路直对某一建筑物，如府治的正门和报恩寺山门前面道路例。府治的南面，因为大的建筑物多，街巷就布置得比较稀朗。由于道路是东西、南北互相垂直的，在其交错中便形成了若干个大小不同方格的居民区称做“坊”。街巷因与河流平行，故巷就出现三种情况，其一，两巷沿河；其二，一巷沿河；其三，巷前后均无河流。在前两种情况下，当然柴米等运输可在前门或后门出入，但在后者情况下，则是利用街巷二头南北向的河流。此外，街巷中还有小弄，作为两巷间的联系通道，便于居民到邻巷去时不必绕道而行。

街巷一般都用石板路，即用长条石铺成一横二直，中间横石，两侧直石，宽的也有铺两条横石的，一般称为石坊路，两侧路边宽度不一，有的用砖竖砌成，也有用乱石铺的。路基亦多石块叠砌，中间做成┐＿＿┌形下水道。路边略高，檐口滴水从石缝和阴沟流入下水道。

所有大街都经过绿化，如观前街的旧名碎锦街[1]以及城西隅有称桃花坞的均由此而来。大街口不但植树，而且还立牌坊，即一种跨街而建的牌坊，据图碑所示共有坊表五十七座。

坊的建立大多集中在报恩寺前至韩园（即今人民路的中段）向北大街上，这是当时城内商业最繁盛的地方。至天庆观以北居民区和城东南角则很少，仅一、二座。南宋时代这些坊表不是象唐代那样坊门造在坊的四面（或者两面）进口处，而是跨街而立，显示它是在坊制崩溃以后独立的新建的东西。可以说，坊是街路的标识和点缀街景的建筑物。

平江城内建筑物已有少量楼房。《吴郡志》卷六关于市楼共举行了五座即：清风楼、跨街楼、花月楼、丽景楼、黄鹤楼。花月、丽景楼皆淳熙十二年（1185年）建。所谓市楼，就是酒楼。上述五楼中，有跨街、花月、丽景三楼见于平江图碑，都是巍然临街耸立的建筑，但只是两层，即其他建筑也没有三层的。证以《东京梦华录》中特别写明白矾楼是宣和年间（1119—1125年）更修三层楼例，则建造三层楼阁的事情差不多是从北宋末年的酒楼开始而到南宋末期还没有普及到各个城市中去。

关于市的制度，《吴郡志》卷六在“乐桥东南”条中有“绣锦坊，大市”，说明绣锦坊的坊表在大市。又在“乐桥东北”条中有“干将坊，东市门”，说明干将坊的坊表在东市口。又在“乐桥西北”条中有“西市坊，铁瓶巷”，说明西市坊的坊表在铁瓶巷。这就告诉我们，乐桥的东北有东市，西北有西市，东南有大市，但在平江图碑上却没有看出象有长安（唐代首都）东、西市那样的限定区域；证以同书所载果子行、米行、药行等都设在东市、西市、大市等的外面，可知在南宋时代平江城内可以在任何地方开设商店，专门划定设市的区域制度已经破坏，这种情形和汴梁、临安相同。

井是当时城市中重要的供水水源。平江水井很多，苏州有关部门在1959年曾统计过全市有水井约为二万余口，而其中有些就是属于宋代的。如原北禅寺门左就有绍兴三十年（1160年）水井一口，石井栏上有宋代铭刻可证。再从基建工程地质钻探资料来看，大致在地面下三、四米发现的土井和砖井，从地层及井内出土文物判断，有的也是属于宋或宋以前的。宋元丰三年（1080年）户口数为十九万九千八百九十二，如平均十户合用一井，城内水井总数已接近上列统计数字。

南宋时代水井的结构可分土井和砖井两类，据近年考古发掘材料来看，这两类水井的平面都呈圆形，惟前者直径较大，约在1米左右，井壁笔直。后者内径约50厘米，用子母榫砖和长条楔形砖砌成。井下部用子母榫砖横立镶砌。砖长23厘米，宽12厘米，厚3厘米，每层8块砖，再在上面用长条楔形砖竖立砌，砖长23.5厘米，宽6.2厘米，窄面厚4.1厘米，宽面厚4.4厘米。井壁较直，井底作环底[35]。

（6）住宅、园林：平江自古以来就是消费城市，由于封建政府和大批官僚地主南移之后，城内住宅骤增，私家园林建筑繁多，成为平江的一个特点。住宅园林建造得异常豪华，同时住宅的造价也不断提高，如南宋初年绍兴年间江淮营田农民居住的草房一间，只费钱三贯；而到了淳熙年间，官僚史发运在平江带城桥建造住宅，费钱达一百五十万缗，为绍兴时期江淮营田农民的五十万倍[36]，所建官府私第规模宏大。大型宅第虽仍用四合院，但院子周围往往用廊屋代替过去简单的回廊，因而房屋的功能和结构及四合院的形式都发生了变化，如与唐代比较，是一种较大的改变。此外宋代衙署中的住宅，在两座或三座横列的房屋中间每联以穿堂，构成工字形、王字形平面及其他变体，也是唐代的前所没有的。园

1）卢熊：《苏州府志》：“观前旧名碎锦街，《云烟过眼录》载宋赵伯骕桃源图，即玄妙观，当日观中多桃花，故有是名。”

林布局在唐代的传统基础上与居住部分更紧密结合，南宋时期，园林建筑更别出心裁，以曲折为胜，元人徐大焯《烬余录》乙编云："朱勔家本虎邱用事，后构屋盘门内名渌水园，中有双节堂、御客殿、御赐阁、迷香楼、九曲桥、十八曲水、八宝亭，园中多辟歧路，往往迷不得出" 但是，平江是封建时代的城市，也就是官僚、地主和富商结合的据地，所以这些带有园林的住宅也只是极少数人享受着。

二　静江府城

南宋静江府城，（图12－5－7）今广西桂林，最早从唐代开始，就已经建设了当时的子城，南宋以来陆续增修扩大，到南宋中期扩展到像石刻府城图上的规模。全城选择在山水之间比较平坦的位置，东滨东江（漓江），江水自北南流，直达阳朔，江面宽广，水流甚急，可以通航。城的四周都是挺拔秀丽的山峰，西与北两面山峰，紧临城边，城墙便沿山构筑，并有意将几座山峰围入城内，其余地势平坦；南面紧逼南阳江畔。全城西与北倚山；南与东临水，这些天然屏障，使之成为西南的战略要地。

静江府城利用水来做为城防设施，易于守卫与防护，除利用东江、南阳江防卫东与南两方面以外，另在内城、夹城、新城的西与北两面都围城筑有护城河，分水河、干河两种。静江府城还利用山来做为城防设施，夹城的北城，新城的北墙建在山间与山顶，构成半山城的气势，出现了"山城"与平地城结合的形式。城内有山，做为制高点，可以纵观城外，城西利用山峰修建烽烟台。总之，全城背山面水，旁山侧水，城在山水之间，进可攻，退可守，它是南宋的一个重要军事防卫性城池。

（一）城防规划布局

由于静江府城具有军事防卫的性质，它的规划布局在军事防卫方面的特点尤为突出。全城为



图12-5-7　静江府城全图

南北方向的矩形，分为子城、内城、夹城、新城、外城以及南外城。子城为方形，静江府建置在这里，内城是矩形，建子城时东南角占去一块，成为拐棒形。夹城接在内城之外，新城接在最北端，西面展出旧城外20米左右，外城是旧城西南角的一座外包城，南外城是旧城的防御城，因而呈一个窄条状；新城、外城、南外城均为加强对子城的防御而建。城的修筑主要是从军事考虑。根据防御需要而产生，因此，新城与外城不规整。

旧城共有城门12座。西部城墙有定贤门、平秩门、尊义门、□□门、便门。东城墙五门，有东江门、行春门、癸水门、就日门、□□门。南门为顺庆门、北门为镇岭门。新城共四门：东为二门、西为一门，北为一门，北门两重是利用旧城的月城开辟的。南外城与西外城各开一门。全城东西防御较强，道路通达，所以东西两个方面开门为多，南北为主要干道，各开一门。凡城门均建在主要的交通通道位置上，对于用兵、运输、交通都很方便。

在城门的部位采取了加强防御性的措施，例如在重要的城门口，城市外部对着城门加建一座建筑，以利防御，在东南西北四个主要城门，都加了一座月城，以利于城门部位的防守或进攻。在最重要部位还建设瓮城，以增加防御纵深。全城的外城壕在东南两面利用江水形成天然的城壕，西部城壕为新挖的城壕其引南阳江水，所以叫新壕。北城外的城壕也是人工挖掘引东江之水，在图中尚可找到引水接头。图中所示城壕是挖掘后还未引水的情况，所以叫新乾壕。全城的内城壕有三条：内城外的城壕，从东江引水，夹城外的城壕，在新城内，亦从东江引水，内城的西城壕在西外城内，从南阳江引水。

在静江府城与城壕之间加建一道阳马城，实际是一道防卫外城，城墙比府城墙低下，亦用砖石砌筑，这样便增强了全城的防御性，阳马城包围了全城的四周，仅在新城东北角未设，在内城与夹城的西与北两个方向亦有建设。凡在主要的城门部位，阳马城的城墙围绕城门来建设，构成一个大瓮城，对城门处，阳马城都做出城门，同时还做出虎蹲门三座，以利防守。从过去发掘的古城看，羊马城的实例还是不多的，南宋静江府城图中反映的阳马城可以说是我国筑城史上一项重要的例证。

静江府城的街道规划也是从城防建设意义上着眼的，贯穿全城的是一条南北大干道，自北向南从镇岭门至朝宗门进至顺庆门，成为全城的中轴线。从这条中心大道的东西两个方向引伸东西向道路，东西向贯穿全城的道路只有二条，一为东江门至平秩门，一为就日门至定贤门，其余道路全部为穿半城的丁字路，共8条，都不是直通的，全城并有小型斜路三条。全城道路规划是很有特点的，丁头路为最多，拐角路多。路端对着一座建筑物、弯曲的路、路端不通城外等，这些手法都是从汉代开始就有。到宋代大为发展。规划这种道路的想法主要是从军事设防考虑的，当敌人攻入城内时找不到通路的方向，不能很快占领全城。更不能直接穿过全城。

静江府城图反映出的桥梁很多，但静江府城不建固定的桥梁，而架设浮桥（临时性的桥），必要时将浮桥拆除，敌人不可过河。城市之内建设浮桥是我国古代城防工程的一个特出例子。

静江府城图中桥梁的分析表

桥名	性质及用途	位置部位	数量
船浮桥	临时性战争用	在东江上，东江桥	1
拖板桥	临时性经常用	大瓮城桥，重要交通道	3
亭桥	游览用	嘉熙桥	1
板桥	临时行人	东城墙豁口用	1
木扶手桥	安全行人	太平桥、木栏杆	1
拱券桥	便桥	城外古河用	1

城内衙署分布情况是根据军事防御考虑的。全城的中心是府城。府城即子城，为府治，静江军所在地，设有提刑司，是为静江府的核心。内城设有“转运司”及官僚住宅，在内城居民较多的夹城内主要设立大的服务机关，如“桂林驿”等，其它部位都是驻军的兵营（例如“右军寨”等）。新城实际上是一座军城，为驻重兵地区，例如“军衙门”、“南定寨”、“戍军寨”、“武台”等都设在这里，南外城是后增加的防御性的外城，其中设一些衙署。西外城也是从防御性着眼的规划，如“亲兵寨”在这里，并有小教场作为练兵的要地，及临桂县府等等。在城外正西还设有“烽烟楼”，东边有漓塔，北边有舜庙等。城内建筑分布主要是以子城、内城为中心的布置方式，一切中心建筑都布置在子城内，偏于东南方向，因为东南方向安全。中部、北部与西部全部为驻兵与兵营地，是全城加强防守的方面，所以西北西面皆为军事设施。

（二）城防建筑工程

静江府全城建筑都从防御着眼，现对城工建筑、瞭望建筑、游观建筑、军寨建筑分析如下：

1. 城工建筑

城墙工程：全城的城墙全部为石块基础砖城墙，内部为夯土土心，这是宋代以来的基本做法。城墙的剖面基本上成为方形，宽与高的比例为2∶2，墙顶设砖做女头（城墙垛口），女头设两个折角中间为一枪眼，每个距离约2米。

城墙与门洞：全城共计有20个城门，城门上建楼是城门的标志，城楼建筑在图刻上反映出四种：单楼单檐顶、重楼顶单檐、三顶单檐、平顶等。门垛的砌筑方法，基本上都是与城墙平行的；另一种是门垛突出城墙面，城门洞口普遍采用圆形券门，过去有人认为宋代城门洞口只是方形或圭角形，元代以后才出现圆形券门门洞。由静江府城的图刻证明，圆形券门在宋代城门中已经应用。在静江府城中只有阳马城的门洞为圭角形。

城墙的暗门，有三处，在东城墙与城墙均各设在城楼角边部隐蔽地方。这是一种军事设施。

（1）瓮城（万人敌）工程：在静江府城中有两座瓮城，一为夹城北门瓮城，右边进入；另一处为西外城西门瓮城，左边进入。两座瓮城都是建筑在全城的重要防御部位。

瓮城最早可朔到汉代，保留到今天的实例，有汉长城的玉门关的瓮城，平面方形，四壁用夯土墙。在甘肃省颜济纳旗的北城墙部位也留下一个瓮城，从中可以得知汉代瓮城的式样。唐代瓮城以安西县的锁阳城为代表，北城两个，西城一个，瓮城开口左右不等。西夏的显城（额济纳旗）东城墙一个，西城墙一个，到宋代城的瓮城继续建设，元明清各时期的城墙瓮城就更多了。

静江府城门楼门洞分析表

城门名	间数	式样	门洞式样	总位置
□□门	3	单楼单檐顶	券门	内城正西
平秩门	3	单楼单檐顶	〃	
顺庆门	3	单楼单檐顶	〃	
静江军门	3	单楼单檐顶	〃	
朝宗门	5	单楼单檐顶	〃	
东江门	3	重楼单檐顶	〃	
就日门		平顶	〃	
□□门		平顶	〃	木尤渡附近
□□门		平顶	〃	武台附近
古旧城门		平顶	〃	
行寿门		平顶	〃	
尊义门		平顶	〃	
宝贤门		平顶	〃	
癸水门		平顶	〃	
暗门		无顶	〃	
暗门		无顶	〃	
镇岭门	5	三楼单檐顶	〃	
北门	5	三楼单檐顶	〃	

（2）团楼（即是圆形的角楼）：全城的团城共有7座，计有南外城西南角一座、内城西北角一座、夹城西墙一座、新城西南角一座、西外城三座，全部设在西城的城墙上。团楼是圆形的角楼也叫转楼，一般将它建在全城的转角处，也可以说是角楼的复体，它可以防御三个方向的敌人。

硬楼：在静江府城的硬楼，实际就是马面楼，也叫马面。沿城墙建设，平面方形，有两种式样，一种是突出于墙面，全城有28个；一种是与墙面平行，全城有10个。建设硬楼在城上，可以从三面窥视与攻击敌人，如果沿墙的马面多，对全城的防御性增强，一般马面硬楼在全城挑选最重要的部位建设，静江府城西边城墙建设得多，东墙次之。静江府城的硬楼，即在马面上建设固定楼层，开窗，上为平顶，是固定的建筑物。同时利用子城城墙硬楼的平顶，建设一些游览观赏的建筑，也是硬楼的一种变体。例如云水乡消遥楼、雪观楼、癸水亭等，目的是为统治阶级登楼观东江风光的。同时全城只有在东江之滨子城附近为安全区，也是全城防卫的中心，故将观赏风景的建筑都集中在这里。

武台：在城东北角的城墙上建立起来的，目的是在其附近练兵时作为指挥的地方。

2. 了望建筑

在全城除各城楼及城墙上了望防御性建筑外，还建立三顶独立的专门的了望建筑。用以进一步加强安全防卫设施。

三面亭——建在寿星山下，位于全城的西北角，亦是一种防御性的建筑。亭子平面矩形，建在5米高的石台基上，上覆歇山顶，亭子正面栏杆还设计出南方建筑特有的美人靠，从中可知一方面了望警备；一方面游览之用。

望火楼——建在夹城西墙尽端之山顶，居高临下，从山坡踏道可以登临。楼建在山顶一个大平台上，楼的式样是二层，第一层空柱式，楼上建房，平顶可以远观。其目的一方面为了防备全城失火之用，同时可以窥知敌人动向。

烽烟楼——图刻上无形象，只知它的位置在夹城正面西山的高烽上，这是全城外围防御的重要设施，当敌人远来时，烧起烽烟，使全城各楼的守卫兵将即时可以知晓。

3. 军寨建筑

静江府城是一座军事性防御城，因此在各城之内都有大量的驻军，设有许多军寨建筑。

驻在夹城之内独秀山东西两侧的是右军寨所在地。

驻在朝宗门里右侧是马队，居住马军寨，情况紧急，可以从朝宗门出击。

在新城东半部，是全城最大的一处兵营。当进入古旧城时，向左一转，即是戍军寨。

新城西半部，正衙，这是南兵寨驻军总办公地。其余房屋都是兵营，紧靠北门及西城门。

在西外城里瓮城的两侧是亲兵寨驻地，在正西方向保卫府城。

小教场——在西外城正对尊义门，这是各军练兵用地。

四　静江府城与平江府城的比较

静江府城与平江府城同是南宋时代修建的，同一个时期的城在规划布局与建筑上有共同性，但根据不同的功能要求，也有很大的差异性。

两座城的平面都作长方形，大小相似；两个城都是以子城为中心，并都用很深的护城河包围；而且街道规划都出现了字街；都有90°角的拐角街，两座城都是东西街道多；南北街道少，干道不贯通，两座城都做马面（硬楼），平江府城50多个，静江府城20多个，两个城的城墙都有女头，都以城名为府城名，都有教场及消遥楼，两城做法都是相同的，平江府城以水为城，构成水网城市；静江府城以水为主，形成水城。平江府由子城、外城共二城。静江府有子城、内城、新城、西外城、南外城共六城，平江府是手工业城市，交通发达，各桥都做固定桥，静江府以军事为主，所以凡是桥梁均做临时性桥梁。平江府城都做方形门洞，静江府却用券门门洞。

两座城池修筑的情况也不同，在静江府城有阳马城，月城、瓮城、马道、城楼，但平江府城没有。另外，平江府城子城建设角楼而静江府城没有。

通过以上分析，在平江府城图刻之外，又发现静江府城图刻，从中可以说明当时城池的选地手法、城池规划、城防工程、军事设防工程、城工建筑等方面的状况。这对研究中国建筑史、筑城工程史、军事工程史都有一定的意义。

第六节　元大都城

元大都城是今日北京城的前身，城址的选择和城市的平面设计，直接影响到后来北京城的城市建设。因此它在城市建筑史上占有重要地位。也是我国封建社会后期都城建设的一个典型。

一　大都城城址的选择

(一)从金中都城到元大都城

元大都城兴建之前，在北京城原始聚落的旧址上，经历了长期的发展，已经有一个大城兴建起来，这就是金朝的中都城。

金中都城周三十七里余[37]，近正方形，故址略当今北京市宣武区西部的大半。只是北城垣在今西城区的南界以内，北距复兴门大街约一里。皇城偏在大城内的西部，故址在今广安门以南。皇城之内又有宫城。自金大德三年（1151年）建都于此，至贞祐二年（1214年）为逃避蒙古族的威胁而迁都汴梁（今开封），其间中都城作为金朝的国都共历六十余年，这也是北京城在历史上作为封建王朝统治中心的开始。

金朝迁都汴梁的第二年（1215年），中都城即为蒙古兵所破，改称燕京。当时蒙古统治者无意在此建都，城内宫阙，尽遭焚毁。此后又四十五年，元世祖忽必烈初到燕京（中统元年，1260年），虽有意驻守，而旧日宫殿已成废墟[1)]。其后四年（中统五年，又改至元元年，1264年），从刘秉忠议，决定建都燕京，仍称中都，并计划营建城池宫室。但是又过了三年，竟又作出放弃中都旧城的决定，并于东北郊外，另建新城，仍称中都。又四年（至元八年，1271年），正式以“元”为国号，并改中都为大都[38]，从此中都旧城渐趋荒废（图12-6-1）。

(二)元大都城城址的选择

从中都旧址的放弃到大都新址的选择，前后数年之间，踌躇不决，其间必然经过反复的考虑。最后还是放弃旧址，另建新城。从一些间接而零散的记事中，可以断定，当时选择大都城的新址是因为这里有比较丰沛的水源，包括了大面积的湖泊与清澈的泉流，既为新宫的建设保证了优美的环境，又为新城的水运提供了有利条件，这些都是中都旧城所难与比拟的。这里举两事，做为证明。

第一，中都旧城东北郊外，原有一带湖泊沼泽，经过长期经营，逐渐开辟为一个富有生产价值的风景区。金朝统治者在中都城建立了行政中

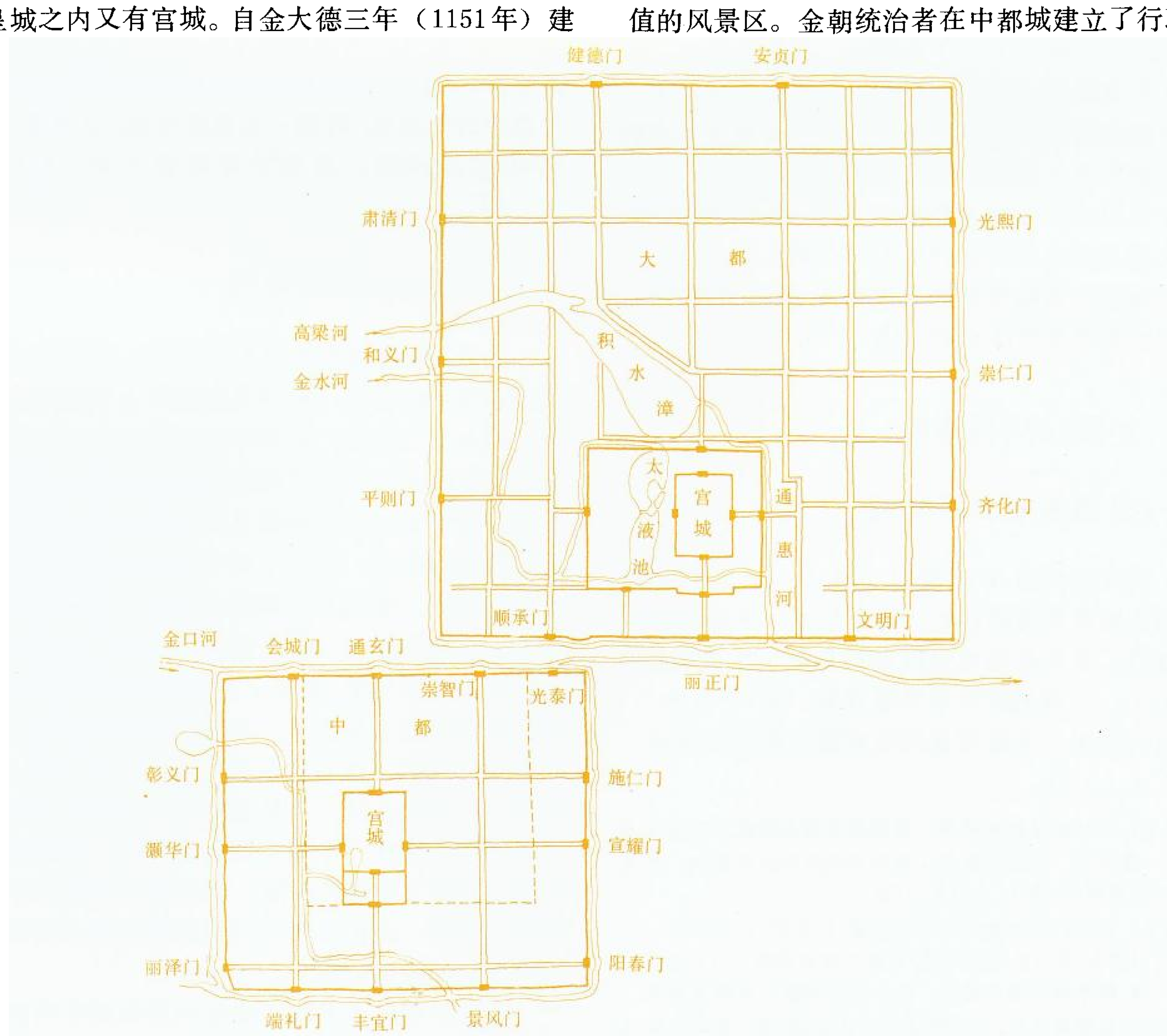


图12-6-1　金中都城及元大都城城址位置略图

1）《元史·王磐传》称元世祖忽必烈初到中都，“时宫阙未建、朝仪未立，凡遇称贺，臣庶杂至帐殿前，执法者患其喧扰，不能禁。”

心之后，又把东北郊外这片风景区攫为己有，并进一步开浚湖泊，在靠近湖泊的东岸，积土为岛，命名琼华岛[1]。又以琼华岛为中心，兴建离宫，叫做大宁宫[2]。十三世纪初，蒙古兵破中都，焚毁城内宫室，地处郊外的大宁宫幸得保全[3]。至元四年决定另建新都，正是选择了大宁宫的湖泊为中心，在湖泊的东西两岸，分别布置了三组宫殿。宫殿位置确定之后，才开始规划大都城。

第二，中都旧城作为金王朝的统治中心，始终未能圆满解决的一个问题就是漕运。金朝的统治范围，限于淮河秦岭以北的部分地区，漕粮主要来自华北平原，经由今卫河、滏阳、滹沱、子牙、大清诸河，汇集到今天津附近，然后再由白河（当时称潞水）逆流而上至通州[39]。当时漕粮的运输，每年少则数十万石，多则百余万石，不靠水运，很难完成。但是从通州西至中都约五十里，并无天然河流可以通航，只能开凿人工运河，却又遇到极大困难。因为中都城平均海拔高出通州约 20米，白河之水不能西引，必须在中都一端寻找水源。金朝初年只是利用中都东北郊外的高梁河，从中游开渠引水东至通州，沿渠筑闸节水，以济漕运，叫做闸河。但是高梁河也是一条小河，发源于今紫竹院公园，水量有限。大约就在此时，开始凿通了从今昆明湖通向紫竹院公园的渠道。昆明湖在当时也是一个小湖，名叫瓮山泊，或称七里泊，供水也很有限。总之，金朝一代，中都漕运，始终未能顺利解决[40]。在忽必烈初到中都后的第三年，亦即中统三年，当时一位卓越的水利工程专家郭守敬提出了改造中都旧闸河，引玉泉山水以通漕的计划[41]。现在根据地形判断，当时导引玉泉山水济漕，也只有通过瓮山泊和高梁河，下接闸河。其故道所经，正在大宁宫附近。因此，至元四年决定选择以大宁宫的湖泊为中心而规划新都时，也必然会考虑到同时解决水上运输的问题。根据水道源流来看，从中都旧城迁移到大都新城，实际上也就是把城址从莲花池水系迁移到高梁河水系上来。这一点，是在揭示大都城城址的选择和城市建设的特点时，所必须充分注意的（图12-6-2）。

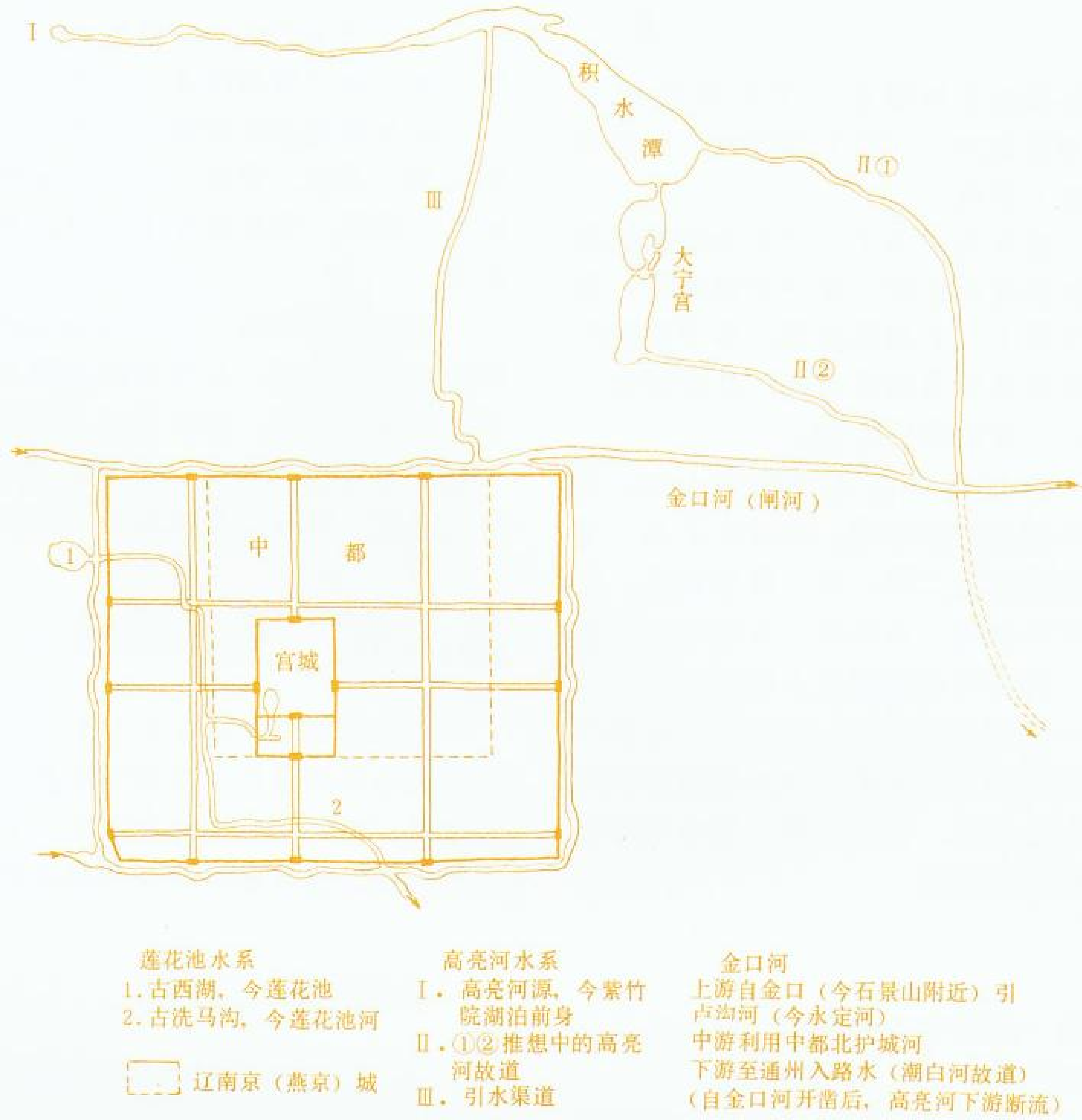


图12-6-2 金中都城及大宁宫附近河湖水道意想图

二 大都城的平面规划

(一)皇城的中心区规划

元大都城的平面规划（图12-6-3），是密切结合地理特点进行的。如上所述，大都城城址的选择，首先是考虑到以湖泊为中心的宫殿建筑的布局，在湖泊的东岸兴建宫城，也叫"大内"。湖泊的西岸，另建南北两组宫殿，南为隆福宫，北为兴圣宫，分别为皇室所居。三宫鼎立，中间的湖泊按照传统被命名为太液池。太液池中的琼华岛，也改称万岁山。万岁山以南，另有一个小岛叫做圆坻，也叫瀛洲，有长二百尺的白玉石桥直通万岁山。小岛上建有仪天殿，这就是现在北海团城的前身。从圆坻建木桥接连太液池的东西两岸，从而在三组宫殿之间，建立了联系的中心。并以此为出发点，环绕三宫修建皇城，或称萧墙，也叫红门阑马墙。皇城之外再建大城（即外郭城）[42]。

(二)大城中心区的规划

这里值得注意的是皇城的中心，并不就是大城规划布局的中心，因为皇城偏在大城南部的西半，而大城的设计，从城市平面图上加以分析，则显然是以太液池东岸的宫城为中心的。宫城中心恰好位于全城的中轴线上，从而十分有力地突出了宫城的位置，显示了这个封建王朝统治中心的重要地位。宫城的位置既已确定，然后沿宫城的中心线向北延伸，在太液池上游另一处叫做积水潭的大湖东北岸，选定了全城平面布局的中心。在这个中心点上树立了一个石刻的测量标志，题为"中心之台"，在台东十五步，约合 23米处，又建立了一座中心阁。其位置相当于现在北京城内鼓楼所在的地方。在城市设计的同时，把实测的全城中心作了明确的标志，在历代城市规划中，还没有先例，这也反映了当时对测量技术用在城市建设上的极大重视。

从中心台向南采取了恰好包括皇城在内的一段距离作为半径，来确定大城南北两面城墙的位置。同时又从中心台向西恰好包括了积水潭在内的一段距离作为半径，来确定大城东西两面城墙的位置，只是由于东墙位置上遇有低洼地带，不宜筑城，这才向内稍加收缩作为东墙墙址。因此，大都城的东墙去中心台的距离较西墙为近，这一点除非经过仔细比较，是不容易觉察的。

由于上述布局的结果，大都城的宫城虽然是建立在全城的中轴线上，却又偏在大城的南部。这在我国历代封建都城的设计中，别具一格，其原因之一，就是为了要充分利用当地的湖泊与河流。这也说明了对于城市水源的重视，关于这一点，下文中还要结合城内渠道与运河的开凿再作进一步的阐述。

(三)城市街道坊巷的布局

大都城的中心点与外郭城四至的确定，对于整个城市街道坊巷的布局，起了决定性的作用。经过勘测，外郭城周长 28600米，南北略长，呈长方形。南墙在今北京城东西长安街的南侧，北墙在今德胜门与安定门以北五里，尚有残余的遗迹可见。东墙与西墙分别和今东直门与西直门各在南北一条垂直线上。北面城门两座，东曰安贞、西曰健德。其余三面各有三门。东面三门自北而南曰光熙、崇仁（相当于今东直门）、齐化（相当于今朝阳门），西面三门自北而南曰肃清、和义（相当于今西直门），平则（相当于今阜成门）。南面三门，正中曰丽正，东曰文明、西曰顺承。

每座城门以内都有一条笔直的干道，两座城门之间，除少数例外，也都加辟干道一条。这些干道纵横交错，连同顺城街在内，全城共有南北

1）元时地方故老相传，琼华岛为金人所筑。传说中虽夹杂一些神话，但浚治湖泊，堆筑岛屿的事是可信的。详见陶宋仪《辍耕录》卷 1，"万岁山"条。

2）大宁宫的兴建在金世宗大定十九年（1179年），见《日下旧闻考》卷 29。大宁宫后又曾改称寿安宫、万宁宫。

3）琼华岛上堆土成山，山上有仁智殿广寒殿等建筑。中统三年初修琼华岛，见《辍耕录》"万岁山"条。至元元年再修。

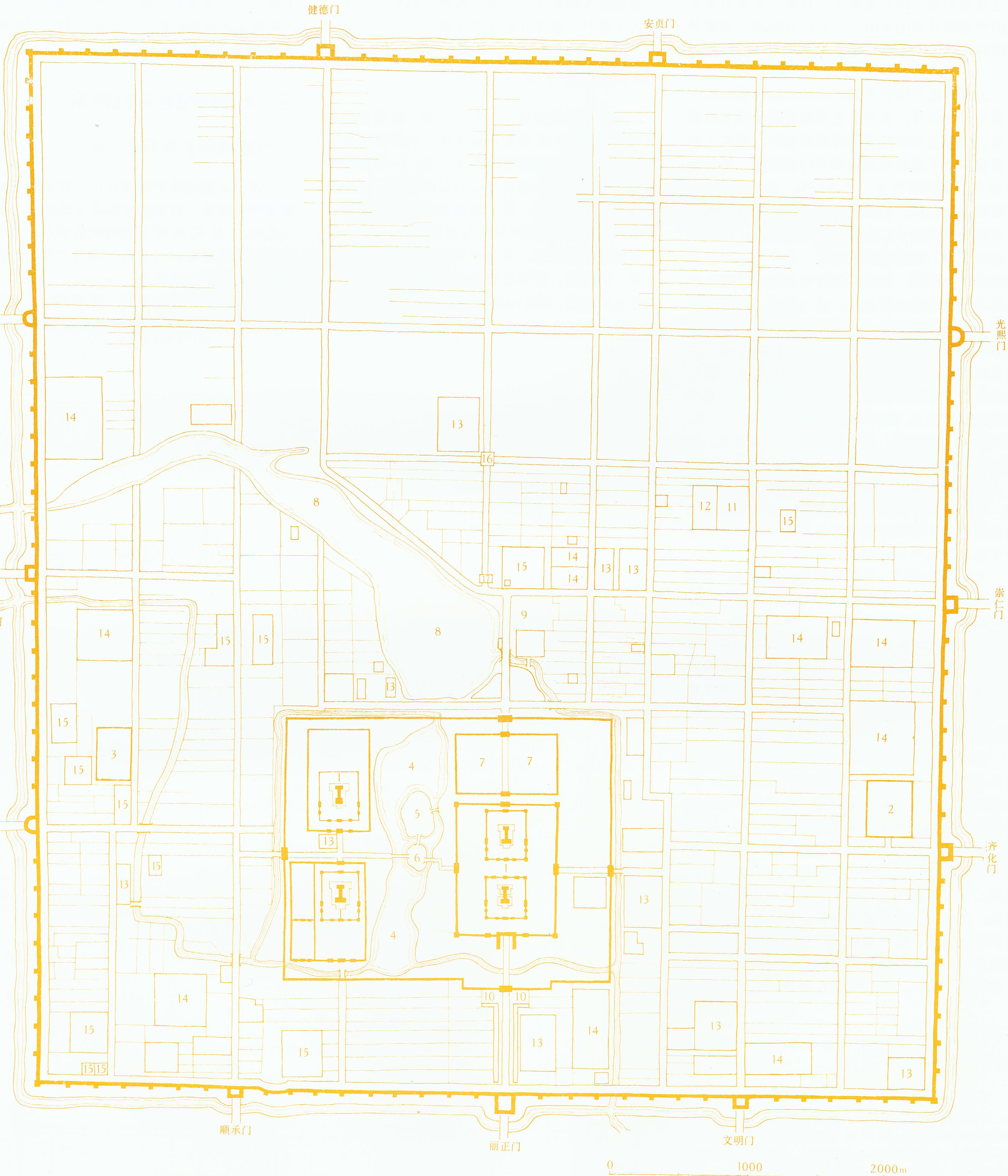


图12-6-3 元大都平面复原示意图

1.宫殿；2.太庙？；3.社稷坛；4.太液池；5.琼华岛（万寿山、万岁山）；6.园坻（瀛洲）；7.御园；8.积水潭；9.中心阁；10.千步廊；11.文庙；12.国子监；13.衙门；14.仓库；15.寺观、庙宇；16.钟楼；17.鼓楼

干道和东西干道各九条。其中丽正门内的干道，越过宫城中央，向北直抵中心台前，正是沿着全城的中轴线开辟出来的。从中心台向西，沿着积水潭的东北岸，又顺势开辟了全城唯一的一条斜街。

上述纵横交错的干道，在城市的坊巷结构中起着不同的作用。其中占主导地位的是南北向的干道。因为全城的次要街道或称胡同，基本上都是沿着南北干道的东西两侧平行排列的。干道宽约25米，胡同宽只6—7米[43]。今天北京城内有些街道和胡同，仍然保持着元代的旧迹，例如从东四一条到四十二条平行排列的胡同，就是最典型的一例。城市居民的住宅，集中分布在各条胡同的南北两侧，这样就使得每家住宅都可以建立起座北朝南的主要住房。这一设计，显然是考虑到了北京气候的特点。北京地居中纬，又是季风影响十分显著的地方。这里冬季严寒干燥，多西北风。夏季炎热多雨，又以东南风为主。因此无论是为了冬季防寒和利用日照取暖，还是夏季便于通风和采光，都以座北朝南的住房为最相宜。所以从这一点来看，大都城城市街巷的布局，根据当时的生活条件来说是合理的、科学的。

在全城的南北干道中，只有一条由于位置特殊，有着不同于一般干道的作用，这就是丽正门内沿着全城中轴线开辟的那条中心干道。关于这条干道，下文中另作叙述。

大都城内萧墙（皇城）以外的居民区，又被划分为五十坊，坊各有门，门上署有坊名1)。这些坊的划分并不是建筑设计上分区的单位，而是行政管理上的地段名称，因此是直属左右警巡院管辖的。这与唐以前的坊制名同实异。例如隋唐长安城内的110坊，每坊各有围墙封闭，等于是大城之内又套筑了若干小城。大都城内不建坊墙，而是以街道作为主要界限，是开敞的布置。

各坊占地面积大小不一，与住宅用地的分配关系不大。当时直接关系到住宅用地分配的，还是坊内的胡同。大都初建成时，凡是从中都旧城迁新城的住户，用地大小是有严格规定的，而且富户和有官职的人家可以优先迁入。《元史·世祖本纪》就是这样记载的："至元二十二年二月，壬戌，诏旧城居民之迁京城者，以赀高及居职者为先，仍定制以地八亩为一份。其或地过八亩及力不能作室者，皆不得冒据，听民作室。"这一规定的目的，显然是为了要保持新城的市容。八亩一份的住宅用地，根据两条标准胡同之间的面积来计算，可以大致求得其分布情况。例如自东四三条胡同与四条胡同之间，从西口到东口正好占地八十亩2)，适可分配住户十家。

(四)市场的分布

大都城内的市场，分布于全城，这也主要是决定于街道的布局和交通条件，与坊制没有关系[44]。但是主要市肆集中在三处：一处在积水潭东北岸的斜街，正当中心台以西地区，就叫做斜街市，属日中坊，是全城商业最繁华的地方。坊名"日中"，即是取"日中为市"的意思3)。一处在今西四牌楼附近，名为羊角市，是羊市、马市、牛市、骆驼市、驴骡市集中分布的地方。还有一处在东四西南，叫做旧枢密院角市，在明照坊内。这三处主要商业中心、一在东城适中的地方，一在西城适中的地方，都是街道的要冲。第三处在北城，由于紧靠积水潭，而积水潭又是当时新开凿的南北大运河的终点，水运便利，因此成为商业荟萃的一大中心。

三　大都城的宫城与宫阙布局

(一)宫城和主要宫殿（图12-6-4）

在元大都城的平高设计中，宫阙的布局占有最重要的地位。宫阙的主体是太液池东岸的宫城（大内），这是封建王朝的统治中心。至于太液池西岸的隆福宫和兴圣宫，相当于离宫的性质、只算是宫城的附属部分。

根据《辍耕录》的记载，宫城阙门以及四隅角楼的规格形制，和今日所见明清紫禁城极相近似，

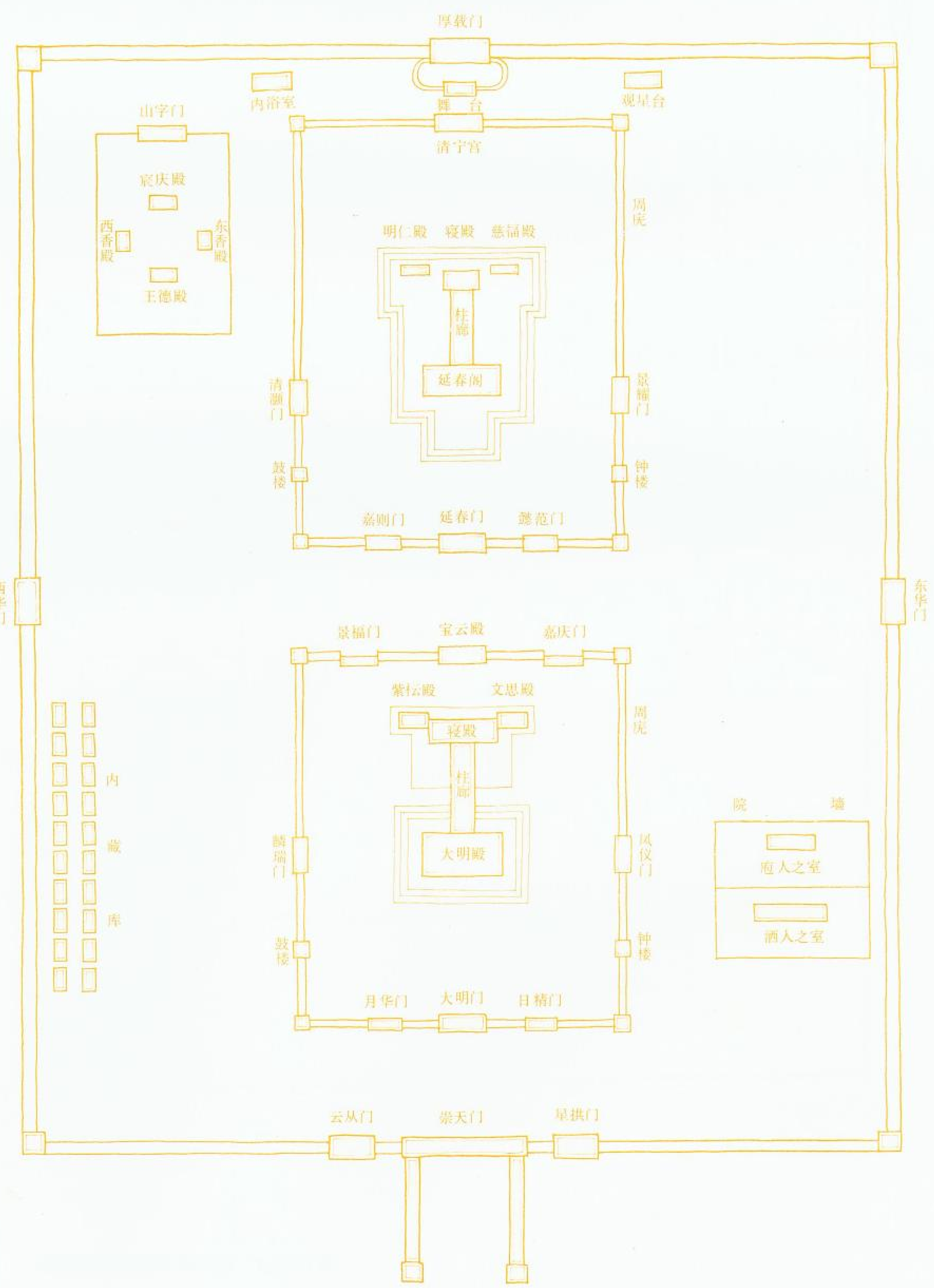


图12-6-4　元大都宫城平面示意图

1）取《易经》"大衍五十"之义，全城定为五十坊，坊名是由翰林学士虞集拟定的。

2）元代一尺约合0.308米，五尺为一步，一步合1.54米。元大都城市设计所用长度，皆以步为单位。胡同与胡同之间的距离为五十步，合77米，但这是根据从第一条胡同的路中心至次一条胡同的路中心来计算的。如果去掉胡同本身六步的宽度，则两条胡同之间实际占用的距离为四十四步，合63.36米，这与北京内城现存的平行胡同之间的距离是符合的。如以两条胡同之间实占距离四十四步为准，宽亦截为四十四步，那么这一方块中，约占地八亩。

3）《元一统志》："日中坊地当市中"。

只有些局部的差异[1]。

元宫城的故址，也和后日的紫禁城在南北界限上稍有不同。根据实地勘查，元宫城南门（崇天门）相当于今太和殿的位置，北门（厚载门）在今景山公园少年宫南侧。东华门与西华门则和现在同一名称的两门各在南北一条垂直线上，只是具体位置不同。现在的东西华门偏在宫城南部，而元代的东西华门则适在当中，略与太液池中的圆坻东西相值[2]。复原后的元宫城四至，南北长约 1000 米，东西宽约 740 米，与《辍耕录》所记步数，经过折算，基本相符[3]。如果与大都城内标准胡同的尺度相比较，宫城南北的长度，约为十二条胡同的距离，东西的宽度，约为十条胡同的距离[4]。从这里也可以看到，大都城在平高设计中是以精密的测量为基础的。

元宫城内的主要建筑，分作南北两组。南组以大明殿为主体。大明殿“乃登极、正旦、春节朝会之正衙”，[45]殿址正好选建在宫城的中心线——也就是全城的中轴线上。殿后有柱廊，直通寝殿。寝殿东西，又有两殿左右对称，与大明殿合呈“工”字形。大明殿四面绕以周庑，共一百二十间，南北狭长，略呈长方形。四隅有角楼。东西庑中间偏南各建有钟楼（又称文楼）与鼓楼（又称武楼）。北庑正中又有一殿，适在寝宫之后。周庑共开七门，南面三门，正中大明门，为南区宫殿的正门。北面二门，东西各一门。“凡诸宫周庑，并用丹楹彤壁藻绘，琉璃瓦饰檐脊”。[46]

北组宫殿以延春阁作主体，为后廷。整个后廷的平面设计以及建筑形制与前朝基本一致。只是周庑一百七十二间，较前朝周庑多出二十五间，应是增长了东西两庑，形成更为明显的长方形。北庑不设门，也与前朝有别。

大明殿和延春阁这两组主要宫殿，都是在殿与宫之间，加筑一道柱廊，构成“工”字形。殿内布置富于蒙古族“毡帐”的色彩，凡属木构露明部分都用织造物加以遮盖。壁衣、地毯也广泛使用。这些都是元代宫廷建筑上比较明显的特点。[47]

在前朝与后廷的两组宫殿之间，有横贯宫城的街道，东出东华门直通皇城东门朝阳桥（即枢密院桥）。西出西华门，稍向北折，然后西转，过木桥至圆坻仪天殿。

整个宫城的平面布局，在前后周庑以内，严格遵循轴线对称的原则，着重突出的是奠址在高大白石台基上的大明殿和延春阁。规模宏伟，布局谨严。这种宫殿建筑的形制，虽然有模仿宋金两朝宫阙制度的明显迹象，但也有了一些进一步的发展，特别值得注意的是宫城前面宫廷广场的新变化。

（二）宫廷广场——传统位置的迁移

在我国封建都城的规划设计中，宫廷广场已经以比较规整的形式，出现在隋唐长安城和洛阳城的宫城前方。其后在宋汴梁城和金中都城的宫城前方，也都布置了宫廷广场。不过在形式上又有了新发展，逐步从单纯平行于宫城的横街（如长安、洛阳）[48]，或是垂直于宫门的纵街（如汴梁）[49]，演变而为宫城正前方一个“T”字形广场，并在广场的左右两侧，增建了两列千步廊[50]。宫廷前的广场往往用来显示帝王宫阙的庄严与壮丽，从而给人以“九天阊阖”的感觉。同时也是企图借此以限制庶民百姓接近宫城，使宫城门禁也显得更加森严。可是在大都城的规划中，却把宫廷广场的位置，从传统的宫城正门前方，迁移到皇城正门的前方来。这不能不说是一个极大的变化。而这一迁移的结果，又进一步加强了从大城正门到宫城正门之间在空间上的层次和序列，从而使宫阙的位置更加突出，门禁也更加森严。元大都的宫廷广场在位置上的这一变化，确实是突破了唐宋以来的旧传统，开创了一个新格局。

（三）宫城以外的御苑和宫殿

宫城之北有御苑，南起厚载门以北，北至今地安门内，西临太液池，御苑四面筑有垣墙，共开十五个门。太液池东岸宫阙御苑的分布，大体如此。至于太液池西岸两宫的分布，略述如下：

出宫城西华门，北折西转至木桥，桥长一百二十尺，阔二十二尺，过桥为仪天殿，建在圆坻上。圆坻西又一木桥，桥长四百七十尺，阔如东桥[51]。直临通衢之北，紧傍太液池西岸为兴圣宫，附有后苑。通衢之南为隆福宫，附有前苑。兴圣宫正殿兴圣殿与隆福宫正殿光天殿，都有柱廊寝殿，寝殿左右也各有东西㸑殿，形制与宫城正殿近似，而尺度较为狭小。只是光天殿的周庑一百七十二间，与宫城延春阁周庑同大，四隅亦有角楼。兴圣宫则只有夹垣，内垣相当于周庑，但无角楼[52]。

隆福宫原有太子宫，后为太后所居，另筑太子宫于西偏。

元代最重要的一处宫苑，即太液池中的万岁山。万岁山，即金代大宁宫的琼华岛。大都城未建之前，即已着手修建琼华岛，至元八年正式更名万岁山，而琼华一名始终不废。岛南岸有白玉石桥，长二百余尺，正南直抵圆坻仪天殿。东岸又一石桥，长七十六尺，而桥面之宽竟达四十一尺半，因为桥上半为石渠，作为东岸金水河的渡槽，引水至岛上，然后“转机运㪺斗”，吸水至万岁山顶，喷出石龙口，最后仍流注太液池。山顶旧有广寒殿，重加修缮。山上又有仁智殿、荷叶殿、方壶亭、瀛洲亭等。“山皆叠玲珑石为之，峰峦隐映，松桧隆郁，秀若天成。”[53]登上万岁山顶，可以俯瞰大都全城。这里是全城的制高点，也是自然风景的中心，在整个宫殿区的布局中，是占有重要地位的。

四　大都城河湖水系的利用与改造

（一）大都城的平面规划与河湖水系的利用

大都城宫殿位置的选择既与太液池有密切关系，同时全城的平面规划也是结合河湖水系的调整而进行的。大都城的主要设计人是刘秉忠[54]。早在决定兴建大都城以前五年，郭守敬[5]曾建议利用玉泉山水引入高梁河下注旧闸河以通漕运，实际上这件事也是与大都城址的选择直接有关的。

第一，大都城创建之时，在中心台正南，积水潭东岸表示全城中轴线的南北大道上，建有万宁桥（也就是现在地安门外大街上的石桥），桥下有新开的渠道，引水自积水潭东出南转，傍皇城（萧墙）东墙南下，流出大都城，这就是后来被命名为“通惠河”的一段。在这条渠道未开之前，原始的高梁河故道，当自积水潭东出，然后转向东南，注入金朝的旧闸河。以后由于大都城的兴建，有意把高梁河的故道填塞[6]，并以万宁桥以下新开的渠道，代替高梁河的故道。

第二，在大都城内的西部开凿金水河，直接从玉泉山下引水，自和义门（今西直门）南水关入城[7]，曲折南下，转至皇城西南隅外，分为两支。一支北流，傍皇城西墙，绕过西北城角，转至皇城北墙外，折而向南，入皇城，注太液池。另一支正东入皇城，经隆福宫前，注太液池。然后又从太液池对岸东引，经灵星门内周桥下，又东出皇城东墙，与东墙外新开渠道相汇。由此可见大都城内金水河的开凿，是与宫阙的规划密切联系在一起的。

当时济漕用水如何解决，史无明文，估计当是继续引用瓮山泊水，下注高梁河，经和义门北水关流入城内积水潭，因此新开的金水河与瓮山泊以下济运的旧渠道，在大都城外，各有固定河槽[8]，并分别从和义门南北两个水关入城。金水河完全是为宫廷苑林用水而开凿，老百姓不得汲用，因此在元初“金水河濯手有禁，”[9]是悬为明令的。

这些事实说明在大都城初建之时，是充分考

1）例如崇天门的形制应是模仿唐宋宫城的“五凤楼”，晚清紫禁城的午门是保留到现在的一种典型。

2）详见《元大都城的勘查和发掘》。勘查中还发现了厚载门故址的夯土基础，因而可以确定其位置。

3）《辍耕录》记元宫城东西四百八十步，折合739.2米，南北六百十五步，折合 947.1米。

4）据赵正之推算。

5）郭守敬专长水利工程和天文历算，精于测量，又自幼从学于刘秉忠。见《元史·郭守敬传》。

6）原始高梁河的这一段故道，湮埋在今日北京东城的地下，大约从地安门外大街的石桥附近，经过东四附近一带，从北京站所在处，流向东南。确切位置，有待勘查。

7）和义门南水关旧址，在今西直门南约 120 多米处，是近年拆除西城墙时发现的。见考古研究所元大都考古队：《元大都的勘查和发掘》，《考古》1972年第1期第19页。

8）金水河有与其它水道相遇处，皆用“跨河跳槽”，横越其它水道之上。《元史·河渠志》“金水河”节有如下一段，可以为证：“至元二十九年二月，中书右丞相马速忽等言金水河所经运石大河及高梁河西河，俱有跨河跳槽，今已损坏，请新之。是年六月兴工，明年二月工毕。”按：至元二十九年正是郭守敬动工开凿通惠河之时，而金水河道已有损坏，可见金水河是早在兴建大都城时开凿的。

9）《元史·河渠志》“隆福宫前河”节：“英宗至治二年五月奉敕云：昔在世祖时，金水河濯手有禁。”

虑了当地湖水系的分布，从而进行了有计划的利用与改造，这是值得注意的。

大都城从至元四年（1267年）开始兴建，到二十二年（1285年）全部建成[1]，共历时十八年。

（二）白浮泉的导引与通惠河的开凿

在大都城的修建期间，为了便于把长江下游的漕粮北运，已经着手沟通南北运道。首先开凿了济州河（至元二十年）[2]，大都全部建成四年（至元二十六年），又开凿会通河[3]，初步沟通了南北河运，使江南漕船可以直达通州，转入大都。但是大都城自兴建以来，用水量大增，专靠玉泉山及瓮山泊两处水源，已感不足。特别是为接济日益增加的漕运，必须设法开辟新水源。为此，郭守敬亲自踏勘了大都城西北沿山地区的泉流水道，进行了地形测量，发现大都城西北六十里外的神山（今凤凰山）下有白浮泉出水甚旺，其地稍高于大都，可以开渠导引至大都城中，只是中间隔有沙河与清河河谷，地势低于大都。于是郭守敬决定首先引白浮泉水西行，从上游绕过两河谷地，然后循西山山麓转而东南，沿着平缓的坡降，并汇集傍山泉流，开渠筑堰，名曰白浮堰，导水入瓮山泊。又从瓮山泊浚治旧渠道，从和义门北水关入大都城，汇入积水潭，从而为大都城开辟了前所未有的新水源。其下游从积水潭出万宁桥，沿皇城东墙南下出丽正门东水关，转而东南至文明门外，与旧闸河相接。这城内一段河道，是兴建大都城时开凿的，已见上文。可能这时又浚深加宽。据实地勘查，皇城东北角外的河道宽约27.5米[55]。郭守敬为了节制流水还沿河建立了新闸。在计划分水或坡度较大的河段上，设置上下双闸，交替启闭，以调剂水量，便于漕船通行，其作用和现代船闸是一样的[4]。新闸河从白浮泉引水处算起，下至通州高丽庄入白河（今北运河）处，当时实测总长一百六十四里一百四十步。至元二十九年春动工，转年秋全部完工[56]。河运畅通，南来船舶，结队停泊在积水潭上，忽必烈遂命名曰通惠河[57]。

通惠河的开凿成功，关键在于取得了白浮泉的新水源。这是大都城中利用和改造河湖水系的一个创举，在北京城的城市建设史上也是一件大事。

（三）大都城内的排水沟渠

在大都城的建设中，不仅充分利用了地上水源开渠引水，而且还修建了明渠暗沟以便泄洪和排污。这些排水沟渠的分布，已经深埋地下，难以复原其全貌。只是在个别地点有局部的发现。例如现在旧鼓楼大街北段、大石桥胡同东口，解放前尚有长约六尺的石材数块，半埋于路面之下。相传其处旧有石栏，可以确证为元代旧物，下有沟渠，早已湮废，不复有遗迹可见。又如在今西四附近的地下，发现了当时南北主干大街西侧的排水明渠，用条石砌筑而成，渠宽1米，深1.65米，在通过平则门大街（今阜内大街）时，顶部覆盖了条石。渠内石壁上还留有当时工匠凿刻的字迹："致和元年五月日，石匠刘三。"[58]"致和"为元泰定帝年号，元年为1328年，时在大都城修完已经三十余年，可能是重修时凿刻的。由此推测，大都城内沿着主要的南北大街，都应有排水干渠。干渠两旁，还应有相与垂直的暗沟。干渠的排水方向，与大都城内自北而南的地形坡度完全一致。这些明渠暗沟的铺设，应是与大都城的平面设计同时规划的。

五　大都城的城墙建筑

（一）土筑城墙与城门的木构门洞

大都城的北面城墙以及东西两面城墙的北段，在解放后尚有残余的地面遗迹可见。足以证明大都城墙全部用夯土筑成，经实地勘测，城墙基部宽达24米。为了加固城墙在夯土中使用了"永定柱"（竖柱）和"纴木"（横木）。城墙因系土筑，收分很大。根据发掘部分的实测推算，它的基宽高和顶宽的比例为3∶2∶1。城墙顶部中心顺城墙方向，设有半圆形瓦管，这是解放后拆除北京西城墙时，在明清城顶三合土之下发现的。这样设置的瓦管显然是排泄雨水的措施，是避免城墙顶部雨水冲刷城壁的一种方法。土城城壁蓑以芦苇[5]，《析津志》有记载说："世祖筑城已周，乃于文明门外向东五里立苇场，收苇以蓑城，每岁收百万，以苇排编，自下砌上，恐致摧塌。"[59]这不但证明了大都城墙确实是蓑以苇衣的，而且记载了蓑城的做法。尽管有预防雨水冲刷的这些措施，土城本身还是要经常修葺，据《元史》诸帝本纪，从世祖至元九年到顺帝至正十年，前后八十年间，有关都城修缮的记录，多至十五六次，役军数目，动以万计。足见劳费是很大的[60]。

大都城的四隅都建有巨大的角楼。城墙的外侧建有"马面"，也就是日后所说的墩台。城墙以外又绕以护城河。

大都城十一个城门，各有城门一重，门外有木制吊桥跨护城河上。到元朝末年，才在各城门外加筑瓮城[61]。根据对大都城北部东西两座城门——即光熙门与健德门的基址进行钻探的结果。表明城门地基夯筑坚固，并有大量木炭屑和烧土的堆积层，是城门建筑被火焚烧的残余。由此可以推断城门建筑仍是唐宋以来的"过梁式"木构门洞。

（二）元末加筑瓮城和创建砖券门洞

元朝末年，农民起义风起云涌，至正十八年（1358年），有一支农民起义军直捣大都城郊，封建统治者惊慌失措，遂下令赶筑大都十一个城门的瓮城，以加强防御，妄图负隅顽抗。最近在1969年夏拆除西直门箭楼时，发现了包筑在明初加筑的瓮城和箭楼内的元末瓮城城门遗址（图12-6-5）。城门的残存高度约22米，门洞长9.92米，宽4.62米，内券高6.68米，外券高4.56米。木质板门和门额、立颊（门框）等部分，在明初填筑时均已拆除，只留下两侧的门砧石，门砧石上的铁"鹅台"（即承门轴的半圆形铁球）还保存完整。这和宋李诫《营造法式》所记大型板门的铁"鹅台"形制相同。这座城门的建筑，是从唐宋以来过梁式木构式门发展到明清砖券城门的过渡形式。砖券只用四层券而不用伏（券为竖砖、

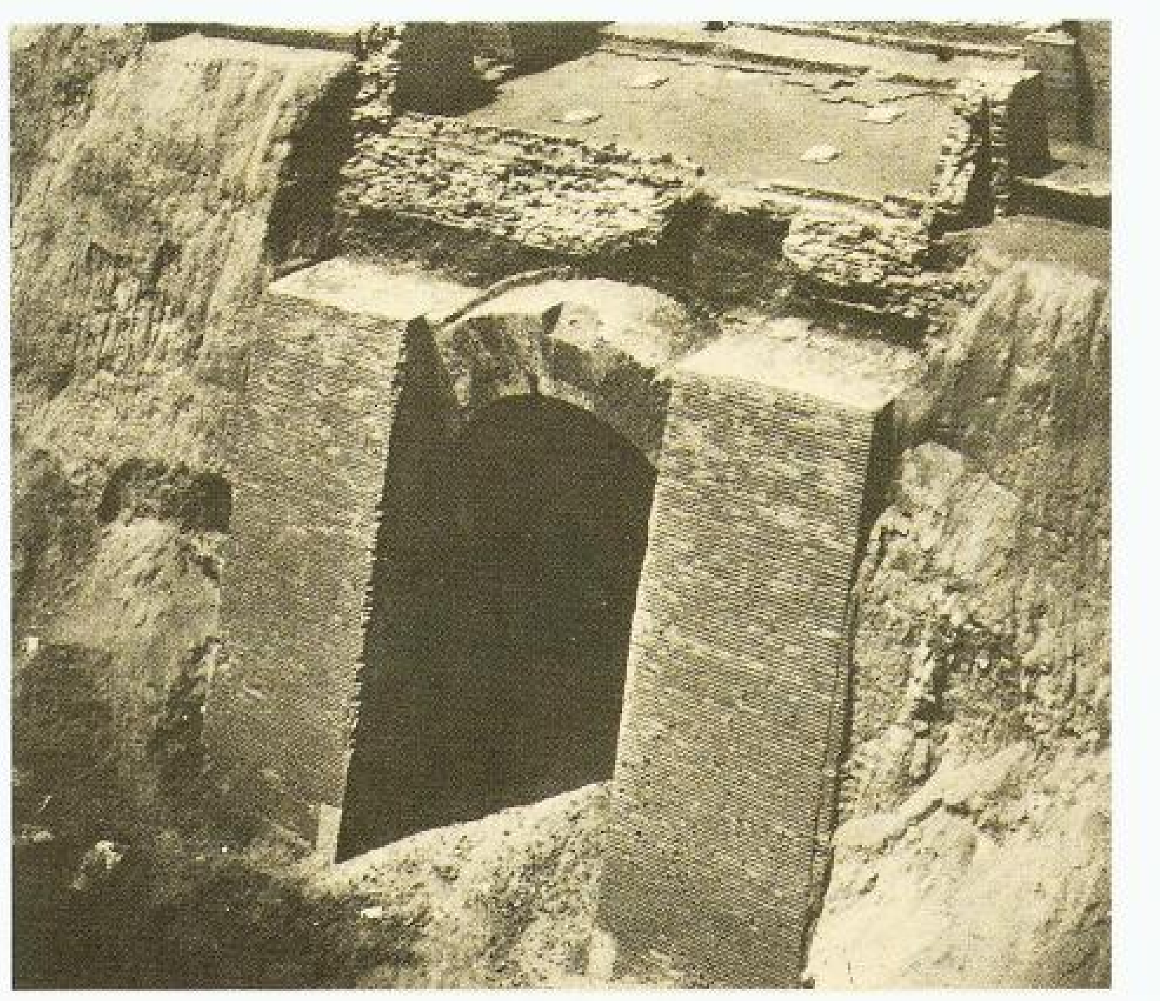


图12-6-5　元大都和义门瓮城城门遗址

1）至元四年正月决定城大都，八年二月筑宫城，九年五月建东西华门，左右掖门。十年十月建正殿寝殿周庑等。十一年正月宫阙告成。二十二年六月修完大都城。以上均见《元史·世祖本纪》。

2）济州河即利用古泗水运道加以改进，使漕船由淮入泗，由泗入汶，然后经大清河至利津入海，沿海到至沽（今天津），入白河（今北运河）到通州，转运大都。

3）会通河系由汶水开渠北引，经东平至临清接御河（今卫河）过直沽北上，这样就避免了绕行海道。

4）各闸名称和位置如下：

（1）广源闸

在城西瓮山泊引水渠下游。今紫竹院公园西北，万寿寺前有水闸，即建在广源闸旧址上。

（2）西城闸（后改称会川闸），有上下二闸。

上闸在义和门外西北一里，相当于今西直门外高梁桥所在之处。下闸在和义门西三步。

这对上下闸，不为通航，而是为了分水入城和分水入护城河。

（3）朝宗闸（或曰河门闸，后改称广利闸），有上下二闸。上闸在万亿库南百步。万亿库在和义门北水门以内、高梁河北岸，靠近大都城西城墙。下闸去上闸百步。

（4）海子闸（后改称澄清闸），在城内万宁桥下。

（5）文明闸，有上下二闸。

上闸在丽正门水关东南，相当于今正义路北口稍东。下闸在文明门西南一里，遗址在今台基厂二条胡同中间，深埋地下，已被发现。

（6）魏村闸（后改称惠和闸），有上下闸。

上闸在文明门东南一里。下闸在上闸东一里。

（7）籍东闸（后改称庆丰闸），有上下二闸。

在大都城东南王家庄。

（8）郊亭闸（后改称平津闸），有上下二闸。

在大都城东南二十五里银王庄。

（9）通州闸（后改称通流闸），有上下二闸。

上闸在通州西门外。下闸在通州南门外。

（10）杨尹闸（后改称溥济闸），有上下二闸。

在大都城东南三十里。今通县城西八里桥附近有杨宅（闸）村，村西南有地名"普济"，这里应即杨尹闸故址所在。

5）《元文类》经世大典政殿总叙工役节称在兴建大都城时，"军之役土木者，率以筑都城、皇城、建郊庙、社稷、宫殿，……余则建佛寺，……砍苇被城上。"

伏为丁砖)，四层券中仅一个半券的券脚落在砖墩台上，城楼两侧各有小耳室，是进入城楼的梯道。城楼面阔三间，进深三间，除当心间四柱为明柱外，其他各柱都是暗柱。暗柱有很大的“侧脚”(下部向外倾斜)，柱下安地栿，柱间用斜撑。四周墙壁收分显著。城楼地面铺砖，当心间靠近西壁的台阶下有并列的水窝两个。每个水窝用有五个水眼的石箄子做成，其下为一砖砌水池，水池外又砌有流水沟，这是为御防用火攻城门时的一种灭火设备，提供了我国建筑史上前所未见的一例。当时以砖券门洞代替木构“过梁式”门洞。也显然是为了御防火攻的。

(三)城墙的排水涵洞

大都城城墙初建之时，就已经考虑到城内的排水问题，这和城内下水道网的铺设，都应该是预先经过测量并与街道的布局同时设计的。经实地勘查，曾在大都城东墙中段和西墙北段的夯土墙基下，发现了两处残存的石砌排水涵洞，从底部尚可见涵洞的结构情况。涵洞的底和两壁都用石板铺砌，顶部用砖起券。洞身宽 2.5 米，长约20米左右，石壁高1.22米。涵洞内外侧各用石铺砌出 6.5 米长的出入水口。整个涵洞的石底略向外作倾斜。涵洞的中心部位装有一排断面呈菱形的铁栅棍，栅棍间的距离为10—15厘米。石板接缝处勾抹白灰，并平打了很多“铁锭”。涵洞的地基满打“地钉”(木橛)，在“地钉”的镲卯上横铺数条“衬石枋”(横木)，然后即将地钉镲卯间掺用碎砖石块夯实，并灌以泥浆。在此基础之上，铺砌涵洞底石及两壁。整个涵洞作法，与《营造法式》所记“卷辇水窗”的做法完全一致。特别是满用“铁锭”、满打“地钉”和横铺“衬石枋”等做法。是宋元以来常见的形式。

大都城是作为一个统一的、多民族的中央集权封建国家的政治军事中心而建造的。在城市的规划和建筑上，采用“汉法”。当时负责建筑工事的，虽然也有来自域外的匠师如大食人也黑迭儿，[62] 并引进了个别域外的建筑技巧和形式[1]，但城市的总体规划和宫殿建筑的一般工程做法，还都是继承了北宋以来的传统而有所发展。其中在总体规划上最为突出的一点，即大都城的平面布局，力求体现古代《考工记》一书中所描述的“前朝后市，左祖右社”的原则，又结合地方特点，作了进一步的发挥。在大都城南部的中央。利用湖泊为中心，布置了三足鼎立的宫殿群，然后绕以皇城。皇城以北，积水潭的对面，置以商业集中而命名的“日中坊”。太庙和社稷坛，则分别布置于皇城左右两侧，接近于东西两面大城城墙。但是这一布局的结果，竟使大都城的南半部，截然分割为东西两城，两城之间的联系，必须绕道皇城的南北两端，来往极为不便。

1）如建筑史上的盝顶殿、棕毛殿、维吾尔殿等。元代设有宫廷制造局，部分工匠来自当时亚洲一些国家，因此建筑装饰和器物色彩大为丰富，详见《中国建筑简史》第一册，第107页。

第七节　明南京城

南京地处长江下游，周围水抱山环，有龙蟠虎踞之势。土地肥沃、物产丰富，为东南富庶之区。正由于它的自然条件十分优越，远在公元三至六世纪已经成为吴、东晋、宋、齐、梁、陈六朝建都所在。也是古时统治阶级争夺中心地区之一。奴隶主阶级和封建统治阶级，在南京先后曾筑有越城（春秋）、金陵邑城（秦汉）、建业城(三国孙吴)、建康城（东晋、宋、齐、梁、陈）和金陵府城（南唐）等。其中同明南京城直接有关的，主要是南唐的金陵府城（图12-7-1）。

扬吴时，筑金陵府城。公元932年（扬吴太和四年），重行将金陵府城加以扩大，西至石头，

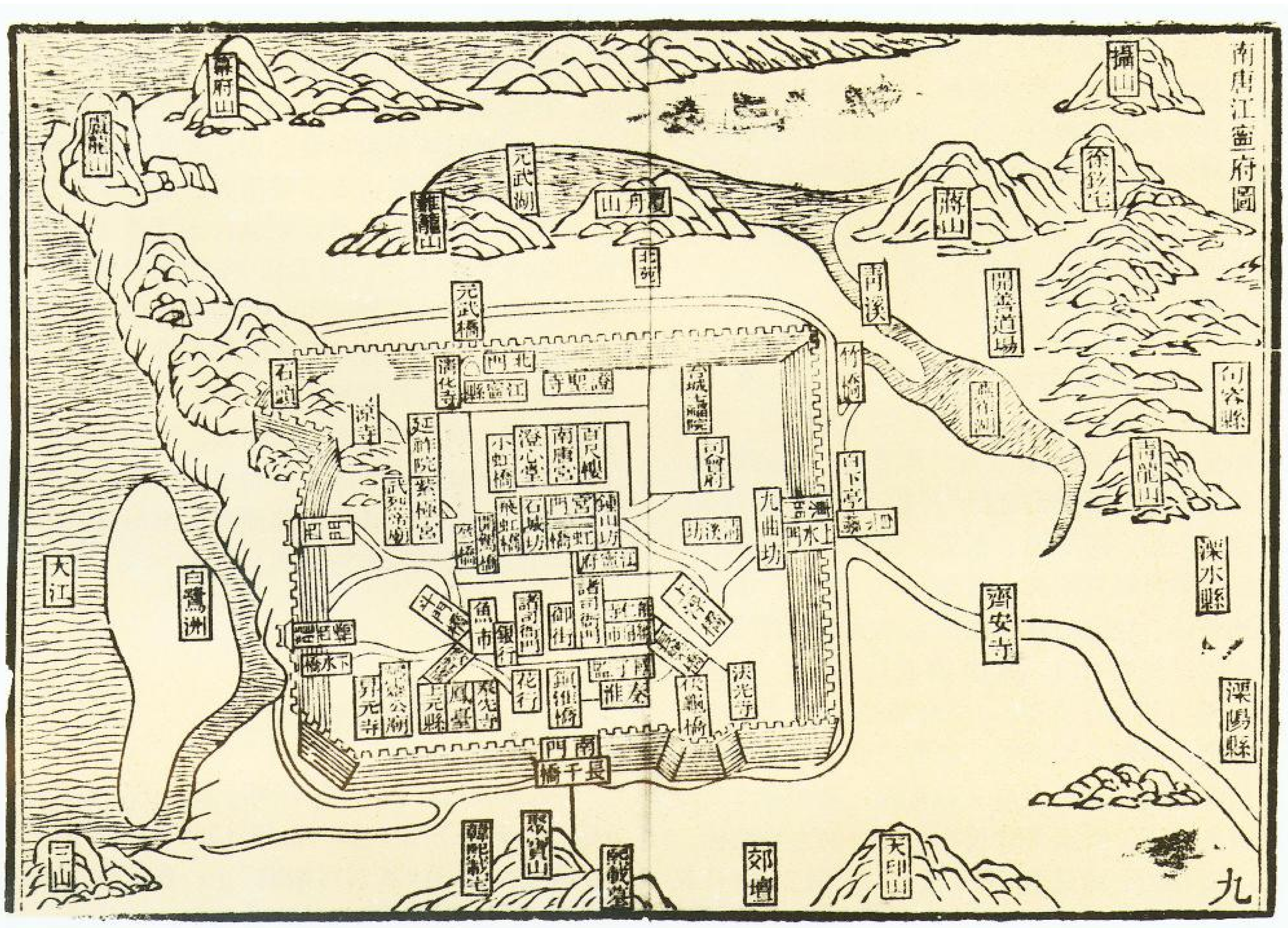


图12-7-1　南唐府城图

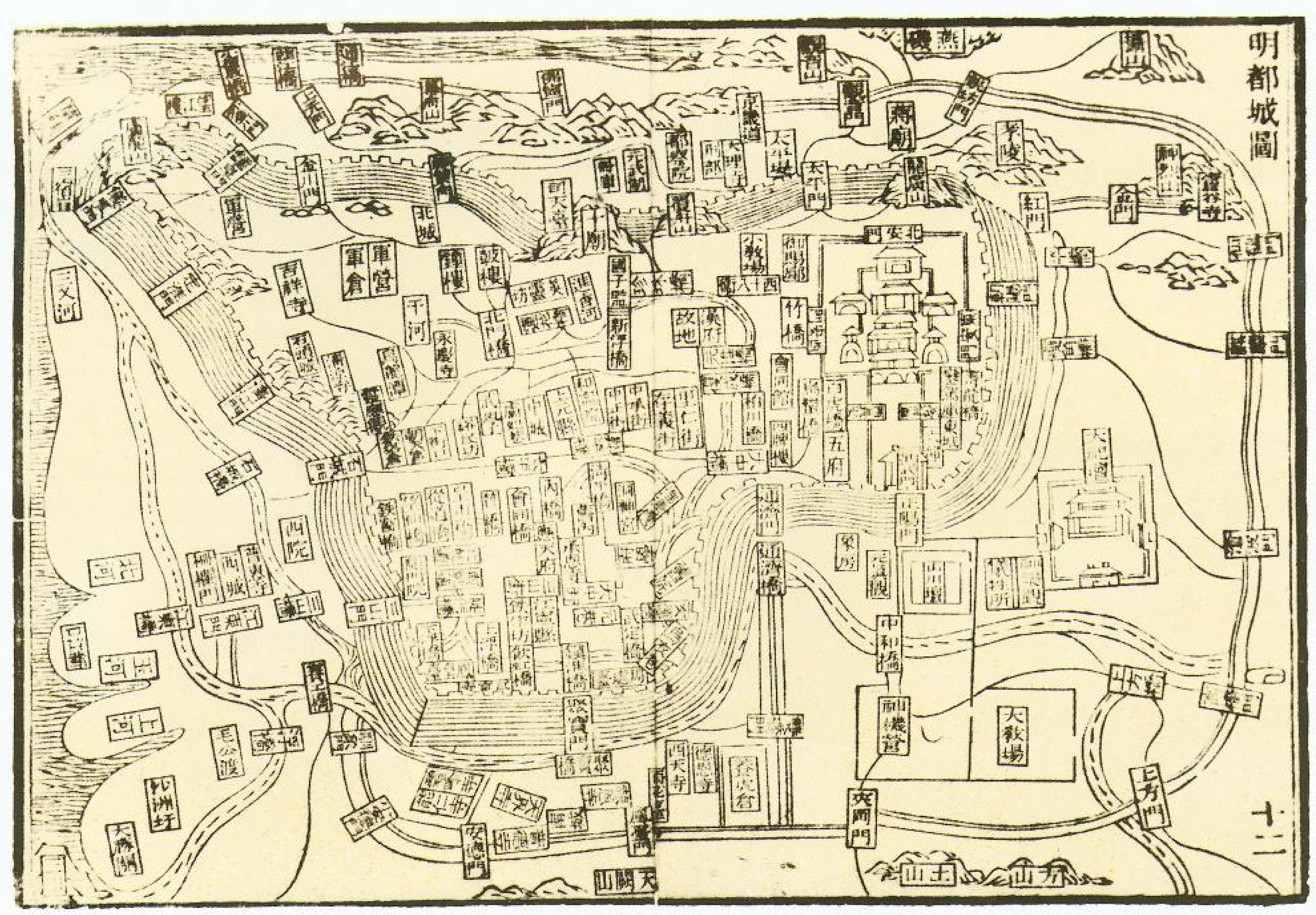


图12-7-2　明都城图

南接长干，东至白下桥，北以玄武桥为限，周长二十五里。

据《明纪·太祖纪》所载，明南京城是在1357年（元至正十七年）休宁人朱升“高筑墙、广积粮、缓称王”的建议下，作为“吴国”的根据地而开始兴修的。它北控玄武湖、东傍钟山、南凭秦淮、西据石头，周长30.5公里。它不但利用了南唐金陵府城南面和西面的旧城墙，而且将石头、马鞍、四望、卢龙、鸡笼、覆舟、龙广诸山全部包括在城内，气势雄伟、规模宏大（图12－7－2），不仅是我国历史上最大城垣，在世界城垣建筑史上也具有重要的地位。为了封建统治阶级的需要和京师的安全，又筑有宫城和长达90公里的外郭城。

一　宫　城

宫城又称“紫禁城”，位于都城的东南隅。《明史》和《江宁府志》载，自1366年（元至正二十六年即吴元年）“明太祖（当时称吴王）拓金陵城，命刘基卜新宫于钟山之阳”开始，于1367年建成。城作四方形，辟承天、东安、西安、北安诸门，外以护城河绕其四周，内建奉天、华盖、谨身等殿和乾清、坤宁诸宫。宫城之外复设洪武门、长安左门、长安右门。其中洪武门较晚，始建于1386年（洪武十九年）。当时的礼、吏、兵、工、户五部（刑部、大理寺、都察院设于今太平门外玄武湖之北）和宗人府、翰林院、詹事府、太医院以及社稷、太庙等均设在午门外的左右两侧。

现存的宫城建筑除午门、东西华门、内外五龙桥外，尚存有奉天殿残基。1970年8月，外五龙桥南350余米的东城墙相接处，发现石砌墙基一段，残长20余米，其走向由东向西，可能是通向洪武门的墙基。从午门上部现存的石刻柱础来看，当初城门的上部均建有重楼。根据午门砖座的高度和部分残存的城基判断，宫城高约11.5米，下宽约6米余，除部分城门为石基外，一般则为砖建。最主要的是1962年起在开挖大清河（接金水河）的工程中，距现存地面以下1.5米左右处，发现了成排的木桩（图12－7－3），木桩直径16—28厘米，其中最粗者达36厘米。长度一般3—6米，下部削成三角形，每根木桩相距8—12厘米，最密者2—4厘米。如距午门右（西）300

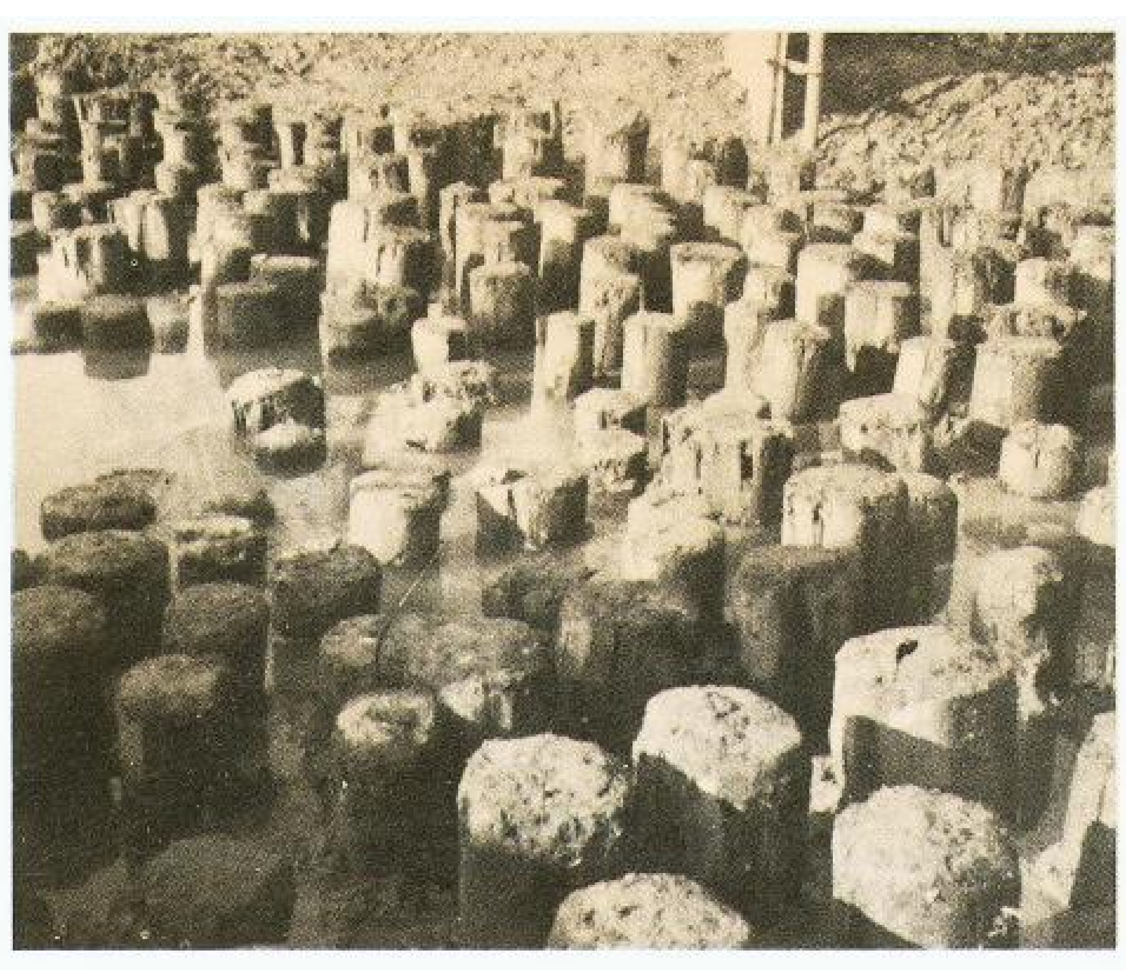


图12-7-3　明故宫地下出土木桩

米的城基和主要建筑的下面，在一平方米的范围内，挖出木桩9—11根，在长约15米的一段城基下部，所挖木桩达1700余根。在这些木桩的上面，有的还刻有文字，如1972年初某工厂在基建工程中发现的木桩，上面刻有“一丈五尺”、“后宫”等文字。这就说明了当初修建宫城时，在主要建筑物的下面，经过打桩夯实等程序，而后始行用砖石砌建。运用这些木桩的原因应与当时这一地区的地理情况有关。《秣棱集》记载，明以前这里是沟通清溪和秦淮的燕雀湖（即前湖）所在处，宫城系填塞燕雀湖而建。从现在明故宫南高北低的地形和周围的环境，以及木桩出现的位置观察，原来湖区仅占有宫城南面、西面和西北面的一部分。1954年在靠近明故宫东部修建工程中和1958年拆除光华门的工程中，均发现有汉和六朝时代的墓葬及遗物出土；而于东华门内挖一条长约200米的河道时，仅在南端发现一小部分木桩，且较上述木桩为细，直径均在12厘米之内，这就证明：明故宫的东面和南面，原为起伏的土丘，据此推测燕雀湖的中心约当午门前后和它的西北部，而后来土丘不存的原因，当与兴建宫城时填塞燕雀湖挖取土方有关。

二　都　城

（一）都城规制和兴建时间

明都城的兴建，自1366年（元至正二十六年）秋八月“改筑应天府城”起，至1386年（明洪武十九年）冬十二月“新筑后湖城”止，前后达二十一年之久，其兴建工程大致可分前后两个阶段。前一阶段自1366年至1370年以改筑“应天府城”为主。改筑部分包括对南唐遗留的旧城进行整修、拓宽和加高。而在改筑应天府城的同时，并“作新宫于钟山之阳”，而所有庙、社等也是这一时期所兴建。后一阶段自1371年（洪武四年）至1386年（洪武十九年）以新筑为主，即把原有部分和新筑部分联接起来，形成一座规模宏大的都城。其中“后湖城”一般兴建的时间较其他各段为晚，如1973年在抢修鸡鸣寺西北约300余米处的一段城墙时，发现了大量的白色城砖，其中不少砖印有文字，属于“江西袁州府”所烧制，大部印有“洪武十年”的年号（图12－7－4），说明这段城墙属于第二期工程，其建筑时间当在1377年之后。正因为这座都城存在着改筑部分和新建部分、前一阶段与后一阶段的区别，所以在每段城墙的用料和结构方面，也出现了石砌、砖砌或砖石合砌等各种不同的情况。在后一阶段中，利用前代（主要是南宋）江防要塞城垣培高加厚并沿大小起伏的丘陵山地扩建都城。《江宁府志》记载：“明初都城皆据岗垅之脊”说明了这座都城为什么不采取方整周边而是曲折缓回的主要原因，在于利用自然地形。

（二）城　门

据《首都志》引刘良佐疏载，都城“周长五十



图12-7-4　明洪武十年城砖

七里五分，垛口一万三千六百一十六个，窝铺二百座”。实测垛长2.75米，每垛相距0.44米。城门十三，即：聚宝（今中华）、三山（今水西）、石城（今汉西）、清凉、定淮、仪凤（今兴中）、钟阜（今小东）、金川、神策（今和平）、太平、朝阳（今中山）、正阳（今光华）、通济诸门。在这十三座城门中，以聚宝、通济、三山三门最为雄伟。这三座城门均为1386年（洪武十九年）重建，各有四道砖石合砌的拱式门券，每门均设有可以上下启闭的千斤闸。所不同的是聚宝门前面一道城门上下共有三层，其他各门均为两层。最上一层木结构城楼建筑已经无存，其余两层均为砖石砌建券洞，第二层共有“藏兵洞”七个，中间一个最大，长44.94米、宽6.84米，两边小洞各长38.8米、宽3.90米、高度约6米左右。最下面的一层有“藏兵洞”六个，长约43.1米、宽3.62米、高6米左右，这些“藏兵洞”是准备用作战争期间储备物资的和兵员休息存身之所（图12－7－5）。

（三）城　墙

（1）利用南唐旧城部分：城墙高14—21米之间，宽度除靠近丘陵地段外，上宽4—9米，下宽14.5米左右。所使用的材料均系长1.39—0.8米，宽0.7米，厚0.26—0.33米左右的条石和长0.40米，宽0.20米，厚0.10米左右的长方砖。在条石中有花岗岩和石灰岩两种，石灰岩与南京附近青龙山一带的石质相同，当系采自该地。而由于这座都城建筑工程的浩大，每段城墙建筑和所使用的材料也有所不同。以通济门至聚宝门一带的城墙为例，内外两壁自下至上除一部分城垛外均用条石砌建。墙的内部填以大量砾石碎砖和黄土，并用夯层层夯打，每层厚约19—34厘米，接近城墙的上半部则用石灰秫米等的混合浆浇灌，墙上用砖砌铺路面，并有花岗石制成明沟式的排水槽，每槽相距60米左右，水槽伸出墙外（城墙内侧）0.50米。所以整个城墙特别坚固。石城门以西至清凉门左（南）相距200米处，有一段城墙的外皮全部用条石砌建，长约160米，但这段城墙的两端却为用砖砌造，因而在结构上显得特别突出。史籍记载，通济门右（西）至石头城一带原为南唐金陵城的故址。《金陵古今图考》：“知诰篡吴……国号唐，复姓李、更名昪，城周二十五里，西据石头……南接长干、即今聚宝门东以

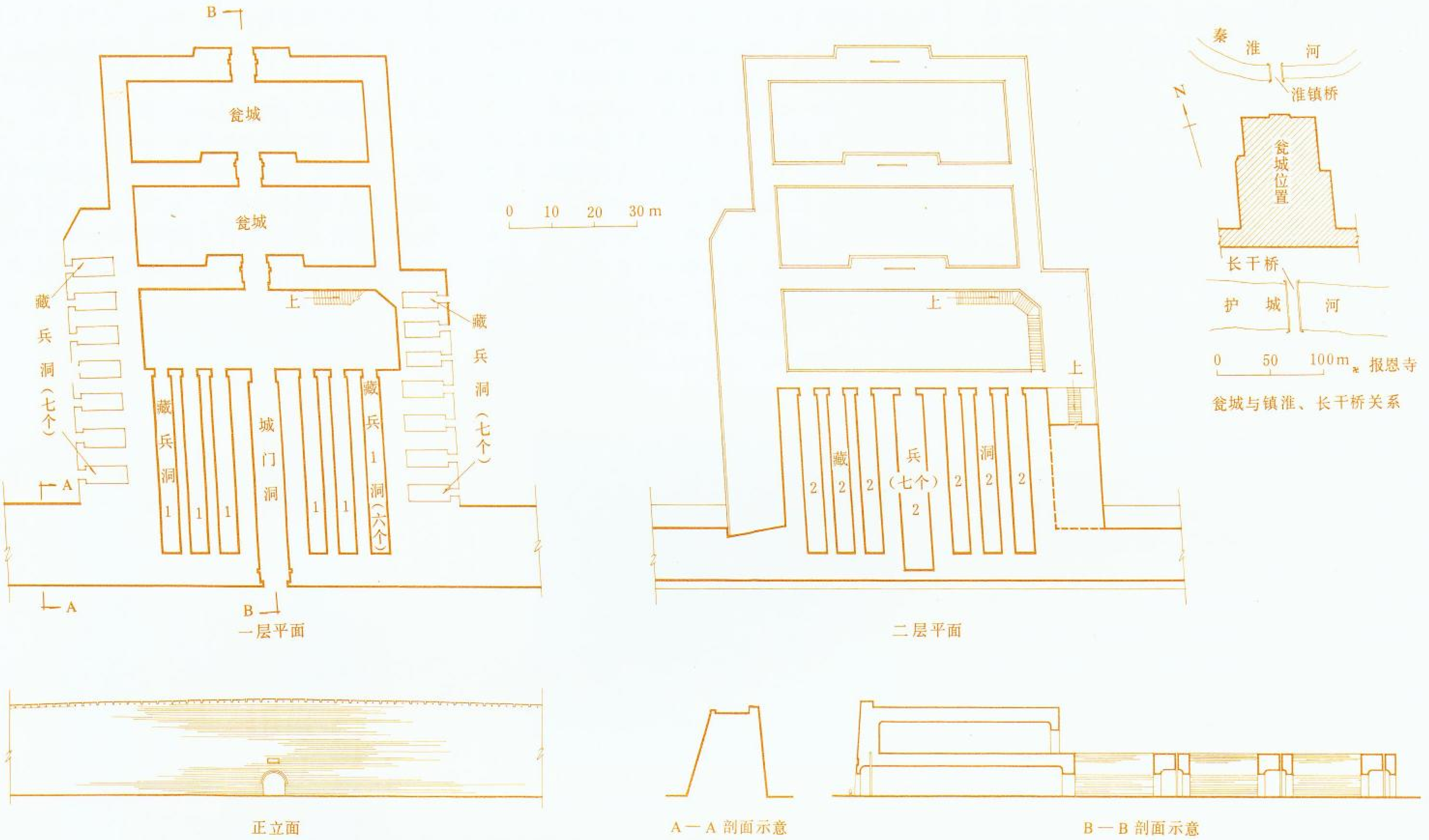


图12-7-5　（1）明南京城聚宝门平面、剖面及立面图

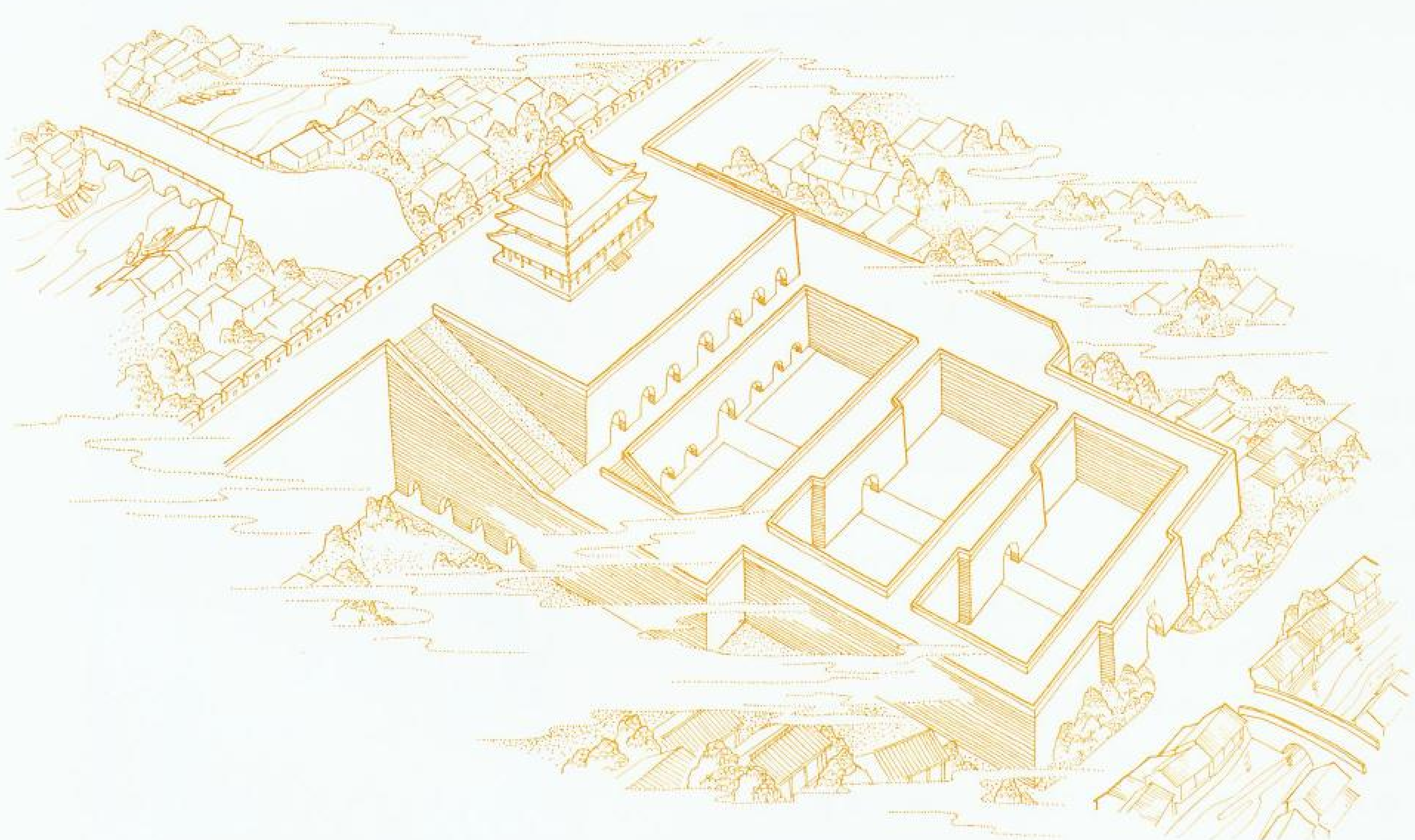


图12-7-5　（2）明南京城聚宝门鸟瞰示意图

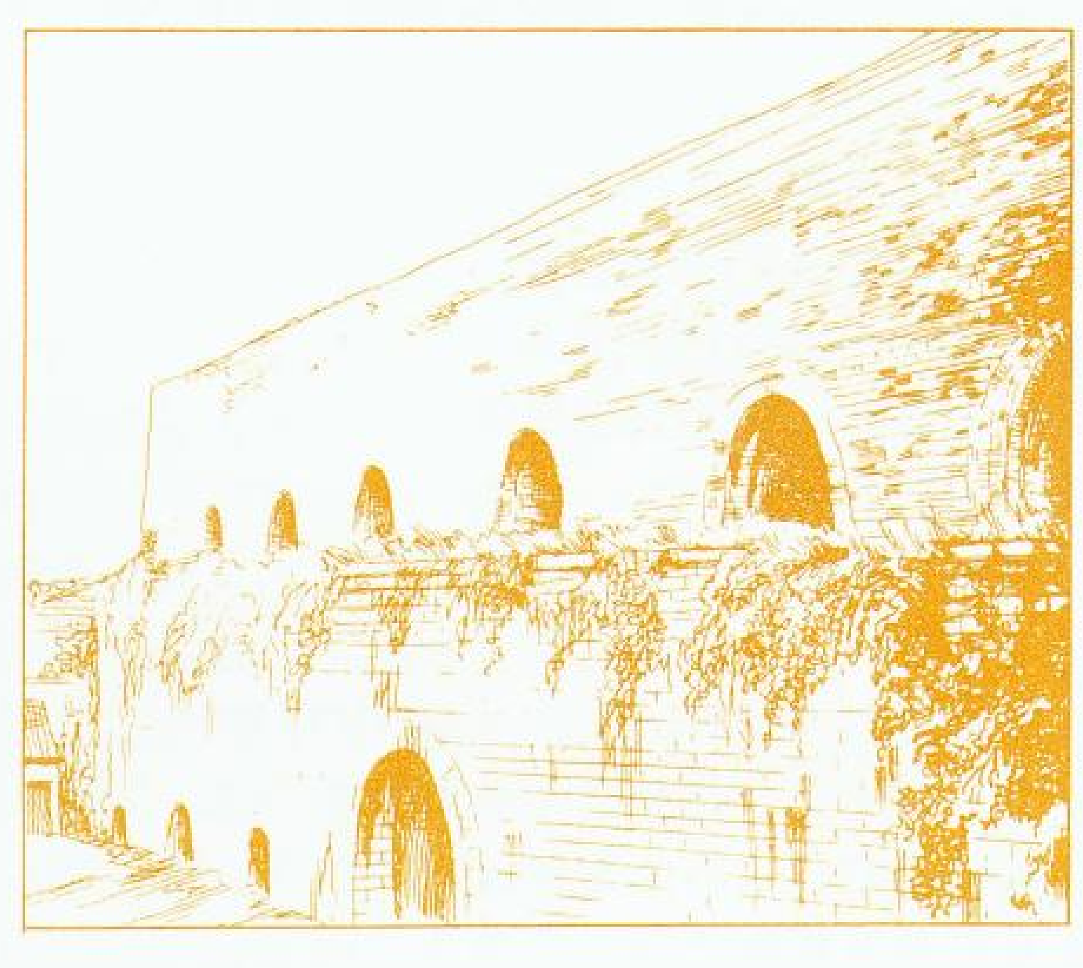


图12-7-5　（3）明南京城聚宝门藏兵洞外观

白下桥为限”。《至正金陵新志》:“建康旧府城周二十五里四十四步，上阔两丈五尺，下阔三丈五尺，高二丈五尺，内卧羊城阔四丈一尺，皆扬吴顺义中所筑也。”陆游《老学庵笔记》:“建康城李景所作，其高三丈，因江山为险固……而濠整重复，皆可坚守，至绍兴间已二百余年，所损不及十之一”。到了元末明初朱元璋改筑应天府城时，除了严重损毁部分加以修补外，主要利用原有材料，在旧城基础上进行改筑扩建。明《肇域志》:“南都城高坚甲于海内，自通济门起至三山门止一段，尤为屹然，聚宝门左右皆巨石砌至顶，高数丈”的情况正反映了这段城墙的面貌。

（2）东侧新筑部分:通济门自东转北经正阳、朝阳、太平直到定淮门一带的城墙，除低洼地段用条石作基础外，仅在下部加以平整后即行用砖砌建，砖与砖之间亦使用石灰等的混合浆。依山地段则经开凿后以山石为基。由于这一段城墙所经多系丘陵地区，在平整城基时有不少前代墓葬

遭到破坏。虽然文献记载这一带城墙为新筑，其实也利用了不少前代建筑，如覆舟山至神策门的一段，即是六朝时期的北堤。南京市文物保管委员会在调查南京城时，又在狮子山至金川门附近的一段明代城墙内部，发现有六朝至南宋时的古城墙，其中南宋城砖，还印有驻军番号。由此可以推知，明初建城时也利用了一部分古代要塞城垒，把它压在城下或原封不动地包在城墙内部。

（3）向北发展部分：主要是指覆舟山至神策门沿玄武湖南岸和西岸的一段。它应该是在原有湖堤基础上修建的。后湖本桑泊。吴赤乌四年凿清溪泄后湖水。晋大兴三年筑长堤以壅北山之水，东自覆舟山，西至宣武城。刘宋元嘉二十三年再筑北堤等，都说明这一段是有湖堤的，1386年朱元璋筑后湖城时就利用了这段湖堤。这段城墙除后湖小门向西约300余米的一段外，直至神策门止，城的内侧全为土埂，高与城墙大致相平。神策门至金川门之间也利用了一些土丘和湖堤，只在外侧砌砖面。城墙采取这一走向的直接原因，除获得防御方面更加险要的地形外，交通运输和水面的使用也是十分重要的。由晋至元玄武湖一直是沟通长江的，仅宋时废湖为田。因此，大量的砖石等建筑材料通过河道和湖泊水面可以直接运往工地，这在时间和劳动力的节省方面都是非常有利的。同时，由于城墙的内侧有长堤和土丘作为依靠，外侧又有宽阔的水面相隔作为屏障，在战争防御方面十分有利。

台城位于玄武湖南岸的鸡鸣寺后，处于明都城之内，东部与明都城相接，西端为一断壁。这段城全长353.15米、外高20.16米，西端稍窄，宽9.18米、东郊较宽达10.3米。下以条石为基，高7.36米，石质与聚宝门一带城墙所用的条石相同。基石之上用砖砌建，高12.8米。砌砖大致可分两种，一种砖长45—51.5厘米，宽21—22.5厘米，厚11.5—13厘米，火候不高，质地松软，呈红色，这种砖的时间较早，其时代当在明前。其中也有六朝时代的花纹砖。另一种砖长38—45厘米，宽21—22厘米，厚10—11.5厘米，砖质坚实，火候较高，为明初筑城用砖。1957年在这段城墙的东端近后湖小门处，拆除一段城墙所看见的内部情况，发现前一种砖多用在城墙的内部，砌铺也不太规律，砖与砖之间用黄泥浆，而后一种砖多用在城墙的外表，均为平铺，其厚度约1.11米左右，砖与砖之间施以石灰等的混合浆。从这两种砖的质地尺寸以及砌建结构和用浆方面分析，显系不同时代所修建，推测自六朝直至明前，可能属于保卫建康城的要塞营垒，大约在朱元璋改筑应天府城时，打算由此地往西经鼓楼岗高地向西与清凉山石头城相接，而由于防御的需要和计划的改变，城垣选址走向往北发展，到1386年新筑后湖城时此段遂废弃之。

1958年拆除城北狮子山南侧一段城墙时，拆去外部的明代砖砌部分，因内部砌砖埋没在明城砖和大量积土之下，得以保存下来 至1963年发现这段埋没的古城垣，是六朝至南宋的江防营垒。这段古城自狮子山起经钟阜门至金川门西止，长约1.5公里左右，除狮子山至钟阜门的一段长约300余米较为完整外，其余均残缺不全，最高的地方达6米余，虽然都是明代以前所建，但从砌砖的形制、纹饰以及城垣本身的结构观察，看出经过多次修补。以第三段为例，长约30米，分上中下三层。上层高1.8米，为明代城砖部分，突出古城墙外侧0.26米，中层以下为古城垣。中层高1.9—2.3米，其砌法为一平一横或三平一横，下层为一平一横。所用砖绝大多数长29厘米，宽16厘米，厚4厘米，砖的侧面印有几何、莲瓣等纹饰，有的并印有“官录”“王口田”等字样。个别砖较厚（7—8厘米），一端印“北闰”或“南”字。字体具有汉隶遗风，这种砖已往很少见，估计年代当在隋唐以前（图12-7-6）。

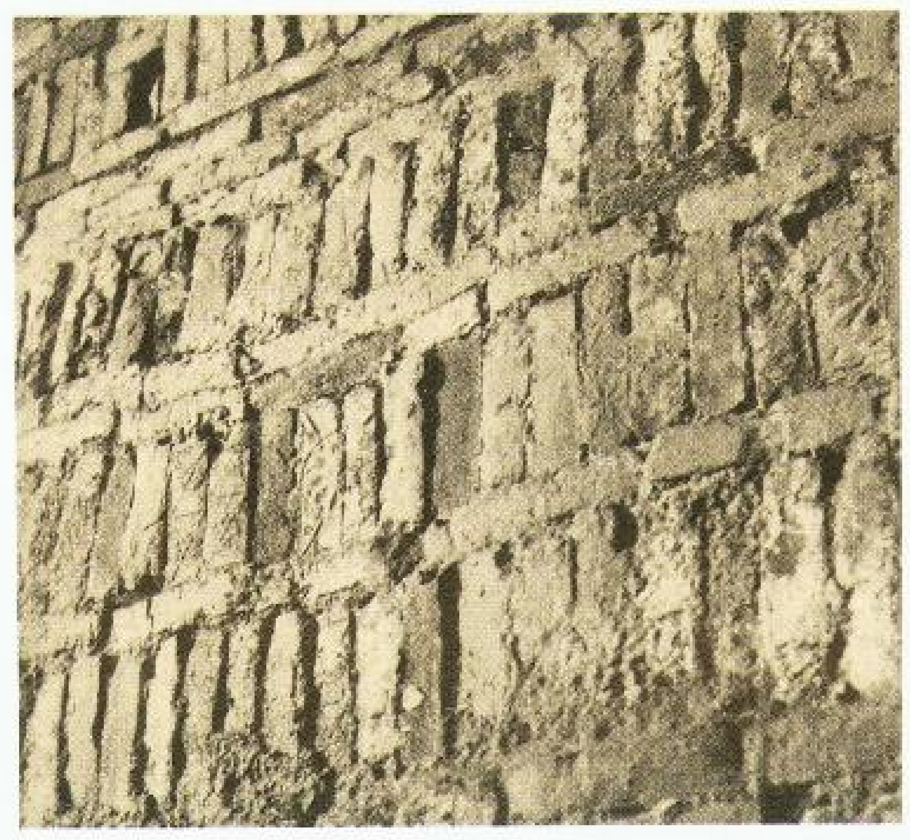


图12-7-6 南京第三段古城墙结构及砖侧纹饰

距这段古城墙之南直至钟阜门长约200余米的范围内，砌砖仍以长29—32厘米，宽16厘米，厚4.5—5厘米，平面印有绳纹或一端印有莲瓣纹的六朝砖为主，也有时代较晚的印有“靖安塘湾水军”和“池司前军”文字的宋砖，当为南宋江防驻军修补城垣所用。根据以上情况来看，明初建城时，仅在原有城垒上加宽加高而已。文献记载，狮子山一带自古为扼守南京北面的门户。孙权时徐盛作城“自石头至江乘”，晋元帝“初渡江见此山岭绵延远接石头”称为“江上要塞”，徐州刺使蔡谟“扼险置八镇城垒十一……东至土山，西至江乘”，宋“岳忠武于此败金虏”，明太祖“伏兵大破陈友谅于山下”等，都反映了这一带地形的险要和战争的频繁，这里是秦—六朝江乘县治的所在，唐时白下城的故址，也是南京靖安塘湾水军寨的驻地。而从绝大多数砖的平面，侧面和两端所印的纹饰来看，因砖砌的形制，纹饰，砌建结构与六朝齐梁时的砌墓用砖和砌建形式完全相同。这座古城的始建年代当在六朝齐梁之际。齐梁之前，可能原为土城。六朝之后又为历代使用和修补，到了明初修建都城时，又把它原封不动地置于城墙的内部。由此，我们可以推知当时城垣选址的意图之一是把零散的险隘要塞联成整体，所选线路，全依地形要求，不求方整，这是实事求是的合理方案。

（4）城砖：在明南京城砌砖中，除一部分江西袁州府和临江府烧制的白瓷砖外，绝大部分系一般粘土烧制的青灰砖，砖侧印有府、县监造官员及造砖者的姓名。其中也有当时“横海卫”、“飞熊卫”、“豹韬卫”等水军和陆军以及幕府的“朱所”，“部所”烧造的城砖。当时应天府地方也烧造不少，烧造地在今中华门外长干桥附近的集合村一带，所以这里又称窑湾。已收集的明代城砖，据不完全统计，造砖单位有一部（即工部）、三卫、二十八府（其中包括州）、一百一十八县、三镇。从统计表（见后）中，各府州县的地理位置来看，绝大部分都分布于长江中下游河道水路附近，这对解决大量的城砖运输问题是十分重要的，同时也可看出修建这座都城时，所动用的人力、

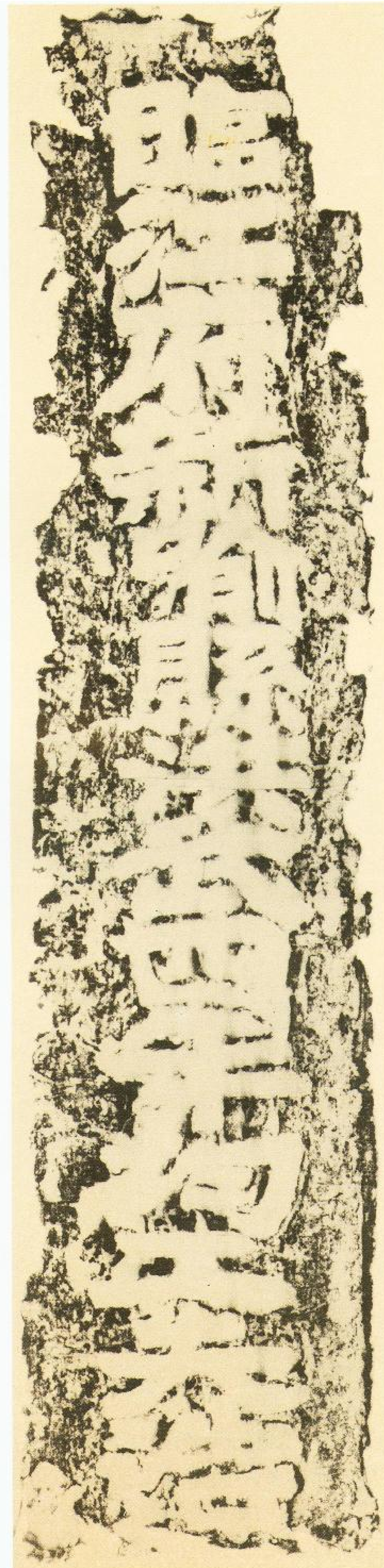


图12-7-7 南京城砖拓片

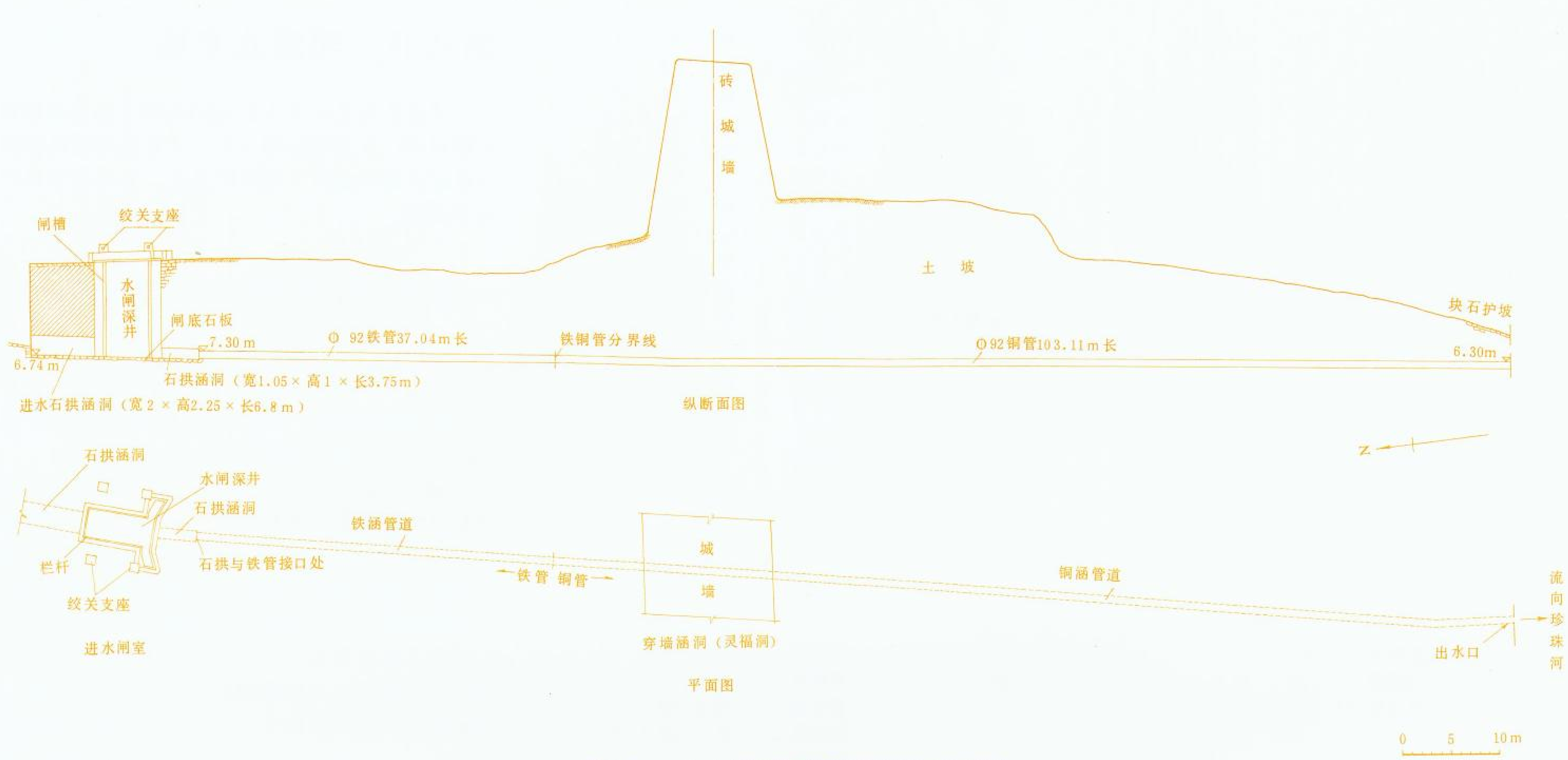


图12-7-8　（1）武庙闸涵洞平面及纵断面示意图

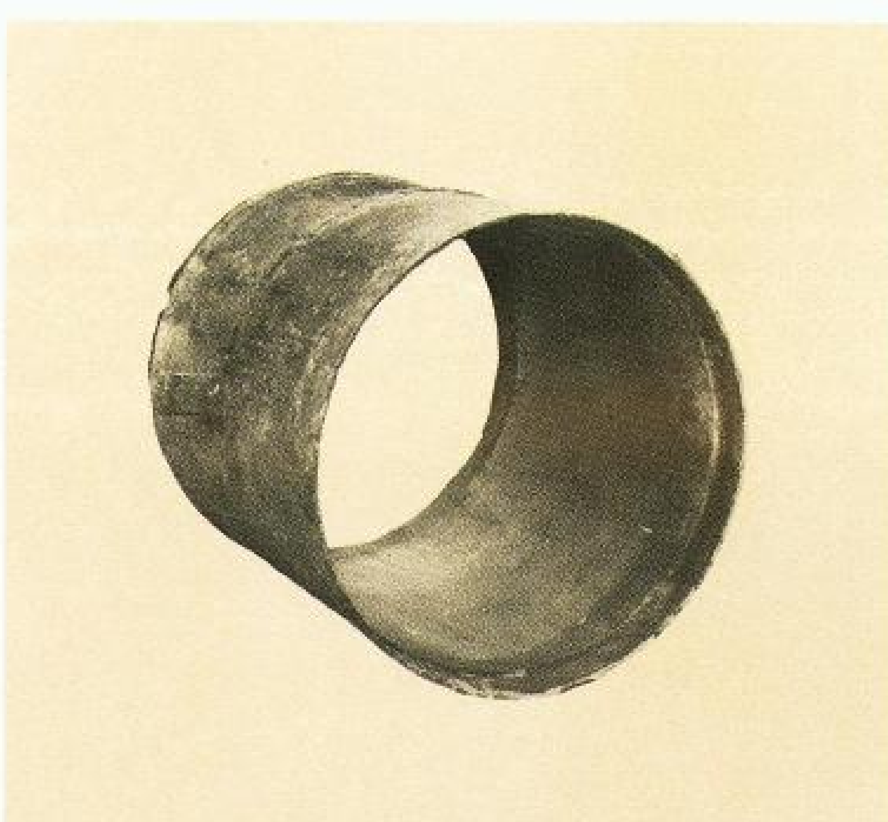


图12-7-8　（2）武庙闸出土铜管



图12-7-8　（3）武庙闸铜水闸上合（盖）



图12-7-8　（4）武庙闸铜水闸下合（底盘）

物力和财力也是空前的。

从城砖模印的文字分析，最初是按地亩派工烧造，即有地百亩出工夫一名，这是洪武元年所规定的一种工役制度，“洪武四年均工夫”的城砖就是这种制度的反映（图12-7-7）。或按人按户摊派，由窑户烧造，按人按户担负工价。如有些砖上所印的“烧砖人杨信、人户郁达才洪武十年四日”、“窑匠汤丙周保”等都说明这一问题。砖的印记是为了检查城砖的质量和数量，自上而下建立了一套完整的责任制度；砖上所印府县提调官、司吏等的姓名、地方上总甲、甲首、小甲以及窑匠被摊派人户的姓名等，都是为了便于工程部门的进行检验。

三　都城排水概况

在明代都城之内，有许多河道如秦淮、运渎、扬吴城濠、御河、珍珠河等，彼此相互贯通。其中秦淮河分内外两支，外河由通济经聚宝、三山、石城诸门至石头城西流入江，外埠商船可以驶抵上述诸门码头。内秦淮自通济水门入城，流经大中桥与扬吴城濠汇合，西接运渎经淮清、清平、会同、羊市、望仙诸桥至铁窗棂出城。又分南支经武定、镇淮、饮虹、上下浮桥至三山水门出城。为了调节城内水位，在新建城墙的下面，还备有通水沟管。1971年疏通玄武湖通往城内的武庙闸时，先后发现了铜制水闸两套及穿过城墙下的铜铁涵管。两套铜水闸左右（东西）相对，置于石砌涵洞之上，每套铜水闸分上下两合，均作正方形，重约5.5吨左右，下合用条石在周围固定，上合有穿绳索的纽和铜榫五枚，下合相对有五个卯眼，启动上合则湖水由五个卯眼流入涵管，可视需要调剂进水量。两个水闸亦可单独或同时启动，这是调节城内水位的重要设施。铜铁涵管均设在石砌涵洞的下部，共150节，其中铜管107节（每节长1.04—1.07米，直径0.95米，厚0.015米，重333—351公斤），铁管43节（长0.81米，直径0.98米，厚0.055米），每节两端均有互相咬合的子母卯榫。涵管穿城基(即湖堤)与玄武湖进水闸相通。进水闸没有绞车启闭闸门。1958年，在明故宫外五龙桥通往东城濠的涵洞上面，也发现有这种铜制水闸两套，但均无上合，这种可以节制水量的设施，是六百多年前制造的，说明当时城市工程技术已达高度水平（图12-7-8）。

南京城的规划，分为城内市区、宫城区和西北沿江军事区三大部分。市区约占全城的五分之三，相当南唐旧城一带，除居住建筑外，它的南部和西部因秦淮河的水运而成为繁盛的商业区和全城的物资集散地。宫城约占全城的五分之一，建筑制度沿袭古代“左祖右社”的制度，宫城内主要宫殿也取法唐宋以来“三朝五门”之制。整个建筑宏伟壮丽，为北京故宫体制的蓝本。西北地区山岭连绵，是扼守都城的屯兵要地，这三个区域的交接处也是全城的中央高地，建有高大雄伟的钟楼和鼓楼，作为早晚报时之用。南京城的规划，根据当时的军事、政治、经济的需要，恰当地利用旧城基础，是比较合理的。

明南京城是我国历史上规模宏伟、规划水平和工程质量很高的伟大都城之一。

附：明南京城砖烧造府（州）县统计表

府（部、军）	县（卫所）	城砖尺寸（厘米）		
		长	宽	厚
1.应天府	上元县	43	20.5	11.5
	江宁县	43	21.5	12
	句容县	42	21	14
	溧水县	40	21	13
	溧阳县	40.5	21	12

2. 扬州府	通　州	44	21.5	12
	泰　州	43	20	12
	高邮州	42	20.5	12
	如皋县	37	18	13
	兴化县	43	20	12
	泰兴县	44	20	12.5
3. 常州府	宜兴县	41	21.5	11.5
	武进县	42	21	11.5
	江阴县	41.5	20.5	11.5
	无锡县	41	20	11.5
4. 镇江府	金坛县	42.5	19.5	12.5
	丹阳县	42	20.5	12
	丹徒县	41	20.5	12
5. 庐州府	合肥县	43	19	12
	舒城县	41	20	12.5
	庐江县	42	20	12.5
	无为州	42	21	12
6. 安庆府	怀宁县	46.5	21.5	13.5
	桐城县	44.5	22.5	14.5
	潜山县	44	20	12
	太湖县	42	20.5	12
	望江县	46	21	14
	缩松县	40	21	11
7. 太平府	当涂县	42	21.5	11.5
	繁昌县	41	20	12
	芜湖县	19.5	21	11.5
8. 池州府	石埭县	41	19	10.5
	青阳县	41.5	20	11.5
	贵池县	40.5	19	11
	东流县	42	19.5	13
	建德县	43	21	12.5
	铜陵县	44	22	11
9. 宁国府	宣城县	42.5	21.5	11
	南陵县	44.5	21.5	13
	泾　县	41	21	12
	宁国县	42	21.5	12.5
	旌德县	43.5	22	13.5
	太平县	44	22	12
10. 南昌府	南昌县	42	19	11
	新建县	44	21	11.5
	丰城县	44	20	12.5
	进贤县	40	19	10
	奉新县	45	21.5	12
	靖安县	43	21	11
	武宁县	43.5	21	11.5
11. 瑞州府	高安县	40	21.5	13
	新昌县	42.5	19.5	13
	上高县	（残缺不全）		
12. 九江府	湖口县	40	18	11
	德化县	40	21.5	12.5
	瑞昌县	40	20.5	11
	彭泽县	43	20	12
13. 南康府	星子县	46	12.5	12
	建昌县	25	19	11
	都昌县	39	19	10
14. 饶州府	鄱阳县	29.5	19	8.5
	余干县	44	21	11.5
	德兴县	44	21	11
15. 广信府	上饶县	42	20.5	12
	永丰县	40	19.5	11.5
	玉山县	43.5	20	12
16. 建昌府	南城县	45	23.5	14
	南丰县	43.5	21.5	13
	新城县	42	21	12.5
	广昌县	41	19.5	11.5
17. 抚州府	宜黄县	40	19	9.5
	崇仁县	41	19	11
	金　县	41	21	11
	临川县	41	21	11.5
	乐安县	41	20	11
18. 吉安府	庐陵县	39.5	19	11.5
	吉水县	41	20	9
	永新县	42	20.5	12
	泰和县	41.5	19	10
	万安县	41	21	10
	安福县	42	20	10
	永宁县	42	20	12
	永丰县	42	19.5	11
	龙泉县	45	21	12.5
19. 临江府	清江县	40	18.5	10.5
	新喻县	40	19	10
	新金县	42	20	11
20. 袁州府	萍乡县	43	20.5	11.5
	万载县	40	20	11.5
	分宜县	41	20	9.5
	宜春县	40	20	10
21. 赣州府	石城县	40	20	11
	安远县	43	21	12
	赣　县	41.5	19	12
	会昌县	40.5	20	11.5
	宁都县	40.5	20	13
	兴国县	44	21.5	13
22.	黄岗县	41	20.5	12
	浠水县	43.5	22	12
	麻城县	42	20.5	12
	广济县	40	21	11
	新州县	45	23	13
23. 蕲州府	黄梅县	42	19.5	11
24. 岳州府	华容县			
25. 永天府	景陵县	41.5	20	11
26. 安陆府	应山县	45.5	21	12
27. 武昌府	江夏县	44.5	22	12.5
	汗阳县	44	22	11
	嘉鱼县	45	23	13
	蒲圻县	46	21	12.5
	通城县	45	22	12
	武昌县	43	22	12.5
	通山县	44	21	12.5
	大冶县	44	22	12
	随　县	44.5	22	12.5
	金子县	44.5	22	12.5
28. 长沙府	醴陵县	43	20	12
	浏阳县	43	21	9.5
	金口镇	41	20	11
	浒黄州镇	41	20	11
	鲇鱼口镇	39	20	10.5
工　部	工部前窑	30.5	19	9.5
	工部左窑	38	18	9.5
	工部右窑	38	17	9
	工部关防	36	19	9
军　统	横海卫	38	19	10
水　军	右卫前所	38	19	11
	右卫后所	38	19	10
	右卫左所	38	19	10.5
	右卫右所	38	19	11
	右卫中所	38.5	19	10
陆　军	飞熊卫右所	38	19	10
	飞熊卫左所	39.5	20	11
	飞熊卫前所	39.5	20	11
	飞熊卫后所	39	19	10
	飞熊卫中所	38	19	10
	豹卫前所	38	19	10
	豹卫中所	38	19	10
	豹卫后所	38	19	10
	豹卫左所	38	19	10
	豹卫右所	21	19	11
幕　府	邵　所	36	18	10.5
	朱　所	35.5	18	10.5

第八节　明清北京城

明北京城是在元大都城的基础上加以改造和扩建而成，并为清朝所占用。不同的是城内宫阙与河湖水道又经历了很大的变化，与元时情况已大不相同。

一　从元大都城到明清北京城城址的变迁

（一）大都旧城南北城墙的迁建

明初建都南京，洪武元年（1368年）大举北伐，攻下元大都，改称北平。

明朝为了防备元朝残余势力的袭扰，逐将大都城内比较空旷的北部放弃，并在北墙以南五里另筑新墙(图12-8-1)，仍然只设两个北门，东曰安定，西曰德胜。同时又分别改称东墙的崇仁门与西墙的和义门为东直门与西直门。

到了永乐元年（1403 年），改北平为北京，四年着手营建北京宫殿城池。十八年(1420 年)，宫阙告成，正式迁都北京。在此前一年，又把北京南城墙向南移了一里，仍开三门，名称如旧。正

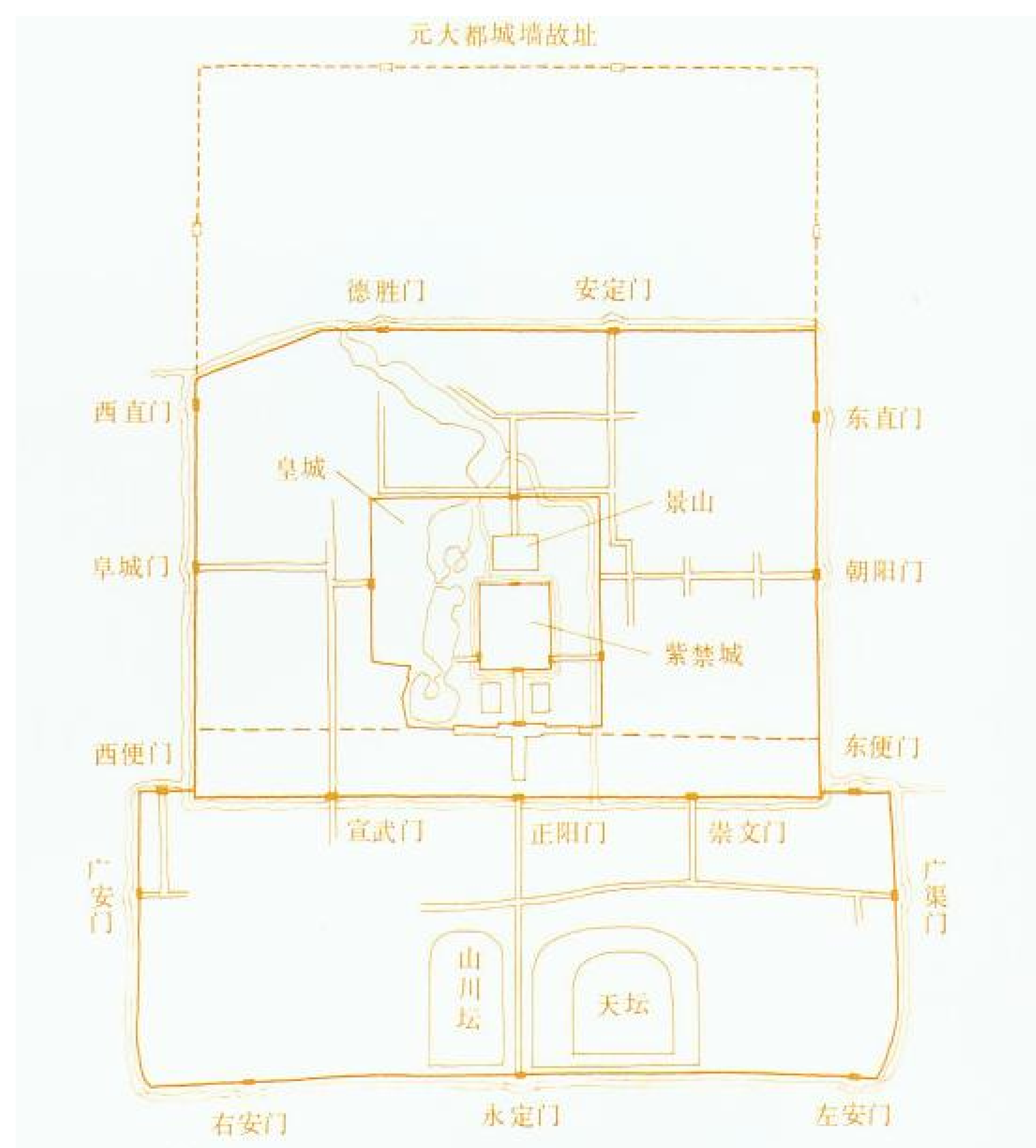


图12-8-1　明北京城城址略图

统元年（1436 年）开始修建九门城楼，四年完工，遂改称丽正门为正阳门、文明门为崇文门、顺承门为宣武门。同时又把东西城墙的齐化门与平则门分别改称为朝阳门与阜成门[63]。九门名称保留至今，这就是旧日所说的北京内城。

（二）外城的修建

到了明朝中叶，由于蒙古族的骑兵多次南下，甚至迫近北京城郊，遂屡有加筑外郭城的建议[64]。直到嘉靖四十三年（1564 年），终于筑成了包围南郊一带的外罗城，也就是旧日所说的北京外城。原议环绕京城四面，一律加筑外垣，由于

物力所限，只修了正南一面[65]，因为正南一面不仅有永乐迁都时已经建成的天坛和山川坛（先农坛），而且也是居民稠密的地区。特别是正阳门和宣武门外的关厢，接近中都旧城，当初中都旧城中未能迁入大都新城的居民，后来逐渐向大都南门外移动，集中居住在丽正门与顺承门关厢一带。永乐间展拓北京南墙，遂将南郊一部分居民圈入城中。但仍有大部居民仍隔在新筑的南墙之外。嘉靖间增建外垣时，既无力大兴土木，就只好先把环抱南郊的城墙修建起来。结果就使得北京城在平面图上构成了一个特有的"凸"字形轮廓。只是这包入的居民区，多是曲折狭小的街巷，有的且形成为通向正阳门外的一些斜街，都是逐渐发展起来的，从未经过规划，与内城比较，是有明显差别的。其中只有一条东西向的干道，即现在的广安门内大街，这条大街原是旧中都城内贯穿东西的通衢，所以还显得比较宽阔。至于内城街道，较元时情况无大变化。只是在一些街巷胡同的内部，出现了逐步分割的现象，因而形成了一些不规则的小街、小巷和小胡同。

这里可以附带提到北京城内坊的变化。

明初迁都北京之前，城内共分三十三坊。迁都以后又加筑外城，或称南城。内城二十九坊，外城七坊，合计三十六坊。分属东、西、南（即外城）、北、中五城管辖。到了清朝，内外城共分十坊[66]，实际上已逐渐失去最初设坊的意义了。

（三）砖砌城墙

明朝初期，逐步把北京内城的土城墙全部用砖包砌1)，因而使城墙断面上下宽度的比例大为缩小2)。城门洞也完全改为砖砌筒券，又城门外面护城河上的木桥，在正统初年修建城楼时也都改建为石桥。两石桥间各有水闸，护城河水自城西北隅分水环城，历九桥九闸，从城东南隅入通惠河。此后城墙城门等曾屡经修葺，并多次加砖包砌。

明中叶加筑外罗城，开始即用砖砌，环绕外城，并开挖护城河。

二 北京紫禁城的兴筑和皇城的扩建

（一）紫禁城和皇城城址的移动

明初攻占元大都，在缩减北城的同时，又平毁了元宫城。永乐四年（1406年）开始兴筑北京宫殿。十八年（1420年）基本竣工，此后仍续有修建。当时首先完成的是紫禁城。紫禁城沿用元朝大内的旧址而稍向南移，周围加凿护城河，一律用条石砌岸，俗称筒子河。随后又展拓了旧皇城的南、北、东三面，从而扩大了紫禁城与皇城之间的间距。

明代整个宫阙虽然利用了元朝大内的旧址，但它的规划设计却是以南京宫殿为蓝本而进行的[67]，不过它的规模更加宏伟，布局更加严整了。清朝继续沿用明朝宫阙，对建筑物大都进行了重修或改建，增建的只是一小部分。

（二）紫禁城和主要宫殿

紫禁城南北长960米，东西宽760米，东西两墙的位置，仍同元大内旧址，只是南北两墙分别向南推移了近400米和近500米。紫禁城正南面的午门，正当元皇城灵星门的旧址（图12-8-2）。午门内金水桥，也就是元代的周桥。金水桥北新建皇极门（原称奉天门）（图12-8-3）。皇极门内，在元大内崇天门直到大明门的旧址上，先建成皇极殿（原称奉天殿），后又建成中极殿和建极殿，是为外朝三大殿。后经屡次重修，至清初始改名太和殿、中和殿、保和殿（图12-8-4）。外朝三大殿之后为内廷后三殿，奠基在元大明殿的旧址上，叫做乾清宫，交泰殿，坤宁宫，这三殿名称，清朝沿用不变。

这前后六座大殿，一如元朝大明殿和延春阁一样，正好建筑在全城的中轴线上，占据了最重要的位置，后三殿实际上相当于元朝大内的延春阁。不同的是前后六座大殿虽然分成南北两组，而距离却很近。因此两组宫殿的周庑乃是紧相连接的，这和元时的情况已大不相同。元时前朝大明殿和后宫延春阁两处周庑之间，有横贯东华门与西华门的御道相隔，前朝后廷之间布局分散。紫禁城在平面设计上，显然有了改进，整个布局更为严整，在空间联系上更为紧凑。城墙的东西两面，虽仍设有东华门与西华门，不过其位置已南移到东西两墙的南端，这也使得宫城在守卫上更加严密。

（三）宫阙设计的特点

紫禁城北面一门叫做玄武门，清乾隆时改称神武门。出玄武门正北，有人工堆筑的土山，命名为万岁山3)，俗称煤山，清初改称景山。山上



图12-8-2 北京故宫由太和门看午门



图12-8-3 北京故宫皇极门及金水桥

1）洪武初首先用砖包砌城墙外面，正统间又包砌了城墙内侧。

2）清代城垣做法规定城墙断面上下宽度约为三与二的比例。见《大清会典》及《城垣做法册式》。

3）《明宫殿额名》："崇祯七年九月，量万岁山，自山顶至山根斜量二十一丈，折高一十四丈七尺。"《顺天府志》卷三《明故宫考》。

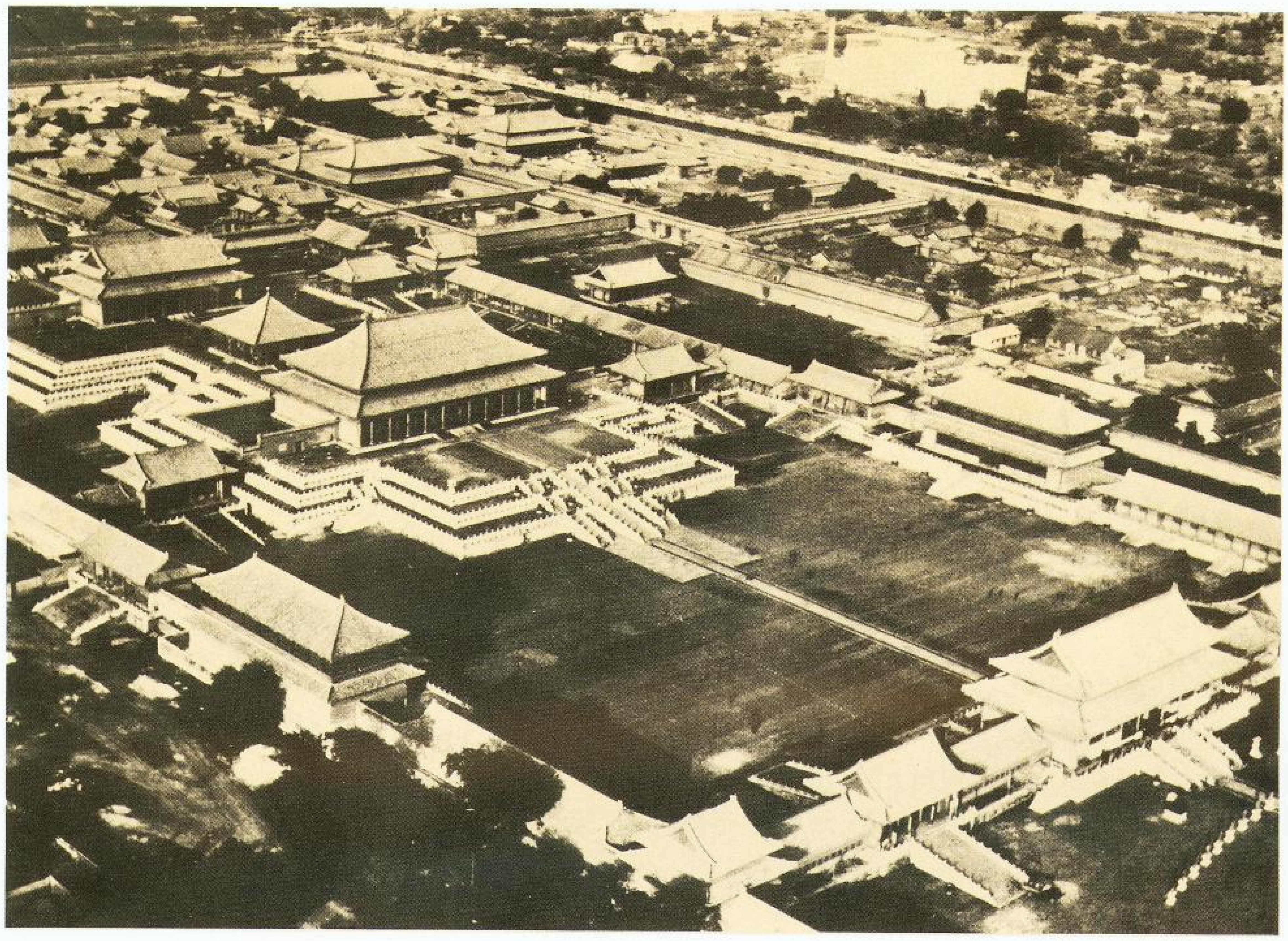


图12-8-4 （1）北京故宫外朝三大殿俯视



图12-8-4 （2）北京故宫太和殿

五峰并峙，峰顶各建一亭。正中主峰所在处，正是元朝延春阁的故址，故址之上又堆筑土山，意在压胜前朝，所以又叫做“镇山”。还须指出，土山中峰位置的选择，既在全城的中轴线上，又是内城南北两墙的正中间。标志了改建以后北京全城的中心。登临山上，足以俯瞰全城。

和元朝的宫阙设计相比较，另一个更重要的变化，还在紫禁城的前方。

元朝大内的前方空间有限，除去一般衙署如拱辰堂和留守司分列左右外，并无其它重要建筑物。明初展拓南城，紫禁城、皇城和大城的南墙，依次南移，遂使彼此相隔的空间大为开拓。就利用这开拓了的空间，在紫禁城城南面午门前方、中心御道的左右两侧，布置了太庙和社稷坛两组对称排列的建筑群。在社稷坛以西、元太夜池南端，又开凿了南海。这就使得午门与皇城南面承天门之间的整个地段，也就纳入了宫阙建筑的总体规划之中，从而使中心御道更加显明，更加突出。

承天门清初改称天安门，门前开辟了一个完整的“T”字形的宫廷广场，这是继承元大都的旧制又做了进一步的发展，即沿广场的东、西、南三面，修建宫墙，把“T”字形的广场完全封闭起来，东西两翼以及南端凸出的一面，各开一门，东曰长安左门，西曰长安右门，正南曰大明门，清初又改称大清门。自大明门内沿东西宫墙的内侧，修建千步廊。千步廊北端，又沿宫墙分别转向东西。千步廊中间衬托出砥平如矢的中心御道，从大明门向北直达承天门（图12-8-5）。

广场两侧的宫墙以外，集中布置了直接为封建王朝服务的衙署。在东侧有宗人府、吏部、户部、礼部、兵部、工部以及鸿胪寺钦天监等，基本上为清朝所沿用，无大变化。西侧的四军都督府到了清朝，由于兵制的变化，逐渐废弃。

这里应该提到的是清朝乾隆年间，又把天安门前宫廷广场的东西两翼，继续向外延伸，增筑了与皇城南墙平行的宫墙，把长安左右门外大街的各一段，分别包入广场两翼。东西两端增设新门，进一步加强了广场的封闭程度，实际上这已是唐宋以来宫廷广场逐步发展的最后形式。

广场南端保留了一段横街，作为东西城来往的孔道，叫做棋盘街，这里也是商贾荟萃的地方，一直到清朝末年，情况无大变化。

宫殿，是封建王朝权力机构的代表，从设计指导思想上看，必然要求表现出封建皇帝的“唯我独尊”和皇权的绝对威严。对于这样的要求，由于当时建筑技术发展特点的制约，并没有以个体建筑的体重和高大来表现，而是通过一个庞大的建筑群来完成。这个建筑群的特点是布局严格对称，有明确的中轴线，并且与全城的中轴线相重合，以显示其重要性。在整个建筑群中，不但个体建筑的尺度和形式随着使用者的身份高低而有所变化。而且还通过对室外空间的组织来区分建筑的主次尊卑。最重要的前朝和后廷六座大殿布置在中轴线上，为了突出前朝三大殿——太和殿、中和殿、保和殿，便在三大殿前，组织了变化多端的空间序列，充分利用了紫禁城以南直到整个大城南门（永定门）这段将近5公里的距离。从永定门入城起，一条笔直的大道直通正阳门。从正阳门到太和殿，必须穿过五座大门（即大明门，清改称大清门；承天门，清改称天安门；以及端门、午门、太和门）。这五座大门虽是防卫上所需要的，却也与建筑的艺术处理相结合。每座门前都辟为广场，这就形成了五个形状和尺度各不相同的封闭空间。大明门和天安门之间是两侧配有千步廊的T字形广场。天安门与端门之间则是尺度大大缩小了的正方形广场。端门和午门之间出现的是比前者纵深加长而宽度却无变化的竖长形广场。到了午门与太和门之间，又突然变成了扁方形广场。太和门内则是一个四周有建筑物拱卫的大院落，中间有三层旱白玉栏杆环绕的高大台基，台基上建筑了三大殿。这些大小不同的空间结合功能使用的要求，采用了收放参差的手法，使每幢建筑物都与广场配合得体。同时在这些建筑群中还通过竖向设计和色彩装饰来突出主体建筑。从午门开始，地平逐渐抬高，到太和殿前，又突然抬高8.13米（台基高度），以显示象征皇权的三大殿乃是“至高无上”的。整个宫殿建筑群，色彩浓重，红墙、黄瓦、雕饰精致的白玉

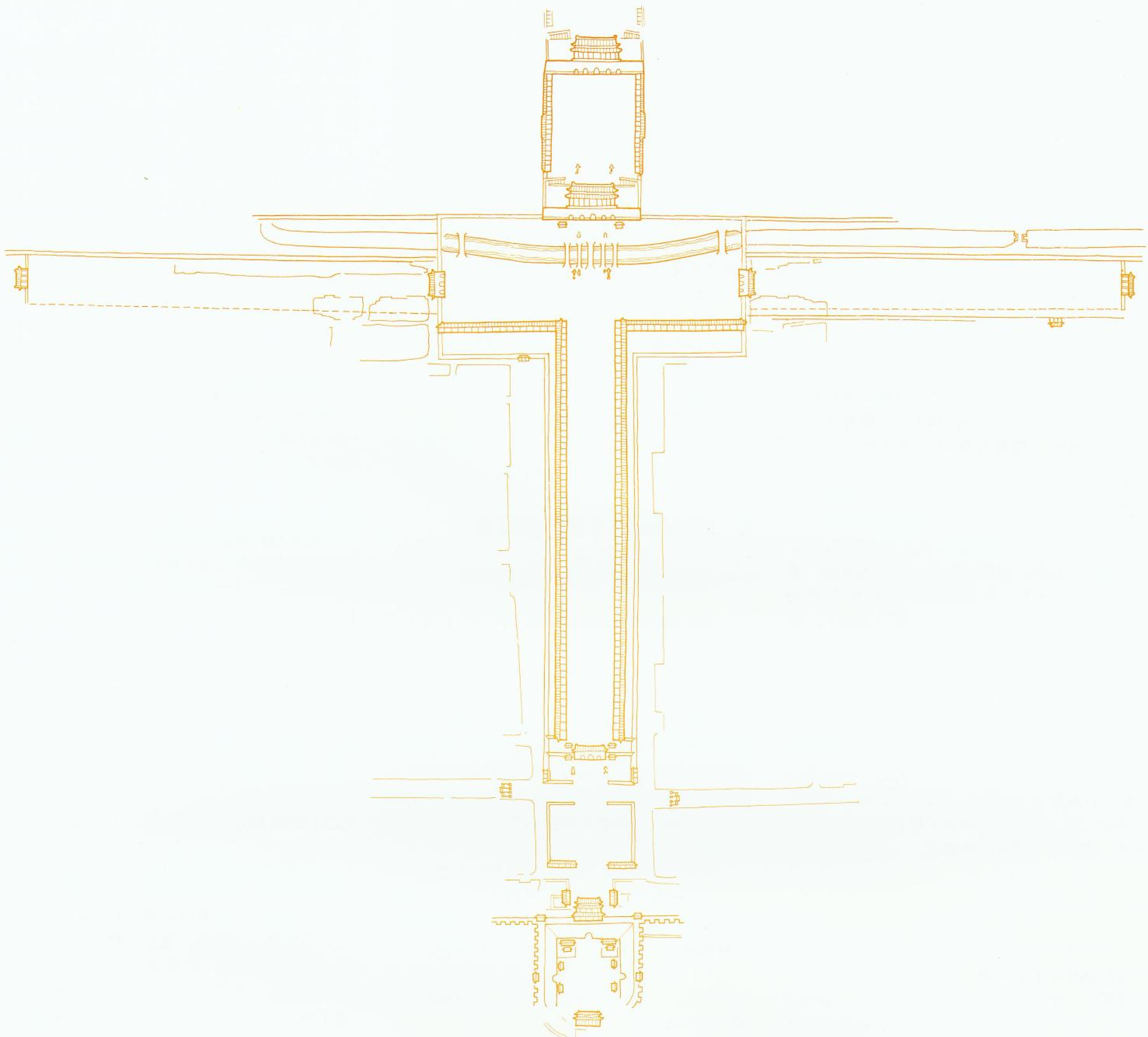


图12-8-5 清北京城天安门广场（据乾隆《京城全图》复绘，增补东、西三座门部分）

栏杆，在全城尽是灰砖、灰瓦的民房当中，显得格外突出。

三 北京城水源的枯竭和补救的措施

(一) 原有水道系统的破坏

明初改建北京城，虽然在全城的平面设计和宫阙的总体规划上进一步发挥了为封建帝王服务的主题思想，取得了明显的效果，但是另一方面却严重地破坏了原有的水道系统，完全截断了城内的水上交通，以致每年平均四百万石的漕粮和随船北运的江南百货，无法直接运入城中，造成这一情况的直接原因，是由于皇城的北墙和东墙向外推移的结果，把原在墙外的一段通惠河故道包入城中。同时由于展筑大城南墙的结果，又把元大都城文明门外的一段通惠河故道，也包入北京内城之中。这样就等于把通惠河的最上游完全截断，从此江南的船只再也不能停泊在积水潭上，因此积水潭东北岸上的斜街一带（日中坊），本是元朝最繁华的商业区，到了明朝也就无复当年盛况。积水潭本身日益淤垫，湖面也逐渐缩小起来[1]。

其次，元朝大都城内通惠河的上源，从和义门北水关引水入城，宫廷御苑专用的金水河，从和义门南水关引水入城，两者分流，各不相干。直到皇城东南隅外，金水河才与通惠河合流。明初改建大城北墙，从西直门以北斜向东北，穿过积水潭上游水面最窄的一处，转向正东，新建了德胜门与安定门，并在德胜门西修建水关，作为引水入城的唯一孔道。金沙河上游从此断流，只是在积水潭南端开沟通太液池（北海）的渠道。因此明代的金水河，只剩下太液池下游的一小段，即从太液池南端新凿的南海，引水东下，绕过皇

1）积水潭的主要部分，明时称为海子，又叫什刹海，不仅湖面已大为缩小，而且开始有水稻的种植，说明淤垫日长。只是德胜门内大街以西的部分，仍叫积水潭；因北岸有净业寺，所以又叫净业湖。见清光绪《顺天府志·京师志》水道部分。

城门前，注入通惠河，别称外金水河。另外又从太液池北端（北海）东岸开渠引水，经景山西墙外，南入紫禁城，下游与金水河合流，叫做内金水河。

（二）白浮泉水源的断绝

元初筑堰导引白浮泉水，流注大都城内积水潭以济漕运，这是北京自建城以来解决水源问题的一大创举，已如上述。其次由于开辟了白浮泉的新水源，才有可能另凿金水河，把玉泉山的泉水直接引入大都城内，专供宫廷园林用水的需要。但是到了明朝初年，因为建都南京，已无转漕北上的必要，以致运道失修，白浮断流，积水潭的大量淤积，也就是从这时开始的。

至永乐年间迁都北京，漕运问题又重新提到日程上来。最初为了转运江南木材，曾有重浚白浮故道的建议，但是后来由于昌平城北兴建皇陵，白浮泉水的导引必须流经陵城的前方才能自流入城，而堪舆家以为与地脉不利，以致重引白浮泉水以济漕运的计划，终未能见诸实行[68]。结果，终明一代，只是专靠玉泉山水流经瓮山泊，下注城内积水潭，然后分流，一支入太液池，又引出为内外金水河，以供应宫廷及园林点缀的用水。一支进入皇城，沿东墙内侧径直南下，出正阳门以东水关，入内城南护城河，然后流出东便门，汇入通惠河故道以接济漕运。只因水量有限，济漕无效，通惠河故道也逐渐淤塞。后经屡次开浚，仍然不能通漕，主要原因还是由于通惠河河床比降较大，只从疏浚下游用力，不从开源着想，其不能奏效，原是理所当然的。因此明代漕粮，仍是先由水运集中到通州，然后再从通州陆运到北京，等于是又回到了通惠河未开以前的情况，这不能不说是一种倒退。

（三）昆明湖的开凿

清初稍有改进，康熙年间（1662—1722 年）仍利用通惠河加以疏导，并开浚内城东护城河，接引部分小型粮船从东直门外大通桥下，直达朝阳门与东直门外交纳入仓。不过水泥问题仍旧未得解决。这时西郊海淀一带，自明朝中叶以来，纷纷辟治园林，利用有利的地形，导引流泉，浚治湖泊，水量的消耗与日俱增[69]。其中如畅春园（在明朝为清华园），圆明园都是规模宏大、水面开阔的名园，至于用水的来源，除去海淀附近万泉庄一些细小的平地泉流之外，主要的还是依赖玉泉山与瓮山泊的水源。因此通惠河上游不只是来源未辟，而且是日益分流。一直到乾隆年间（1736—1795 年），为了进一步辟治园林，同时解决济漕用水的问题，这才在北京西郊山麓一带，进行了一系列整理水源的工作。首先是利用瓮山地形，建置园林。其次为增添园林景色，又把瓮山前的小湖瓮山泊，大加开浚，加筑东堤，拦蓄玉泉山东流之水，形成一片水面汪洋。瓮山由此改名万寿山，扩大了的湖泊也改名叫做昆明湖。这样，就形成了北京近郊一个兼有湖山之胜的风景中心。同时，这个湖泊经过改造之后，坚固高竣的东堤，起了拦水大坝的作用，使玉泉山东流之水，逐渐储满昆明湖中，从而提高了湖水水位，并在湖的南端引水入城的渠道口上修建水闸，调节流量，有效地保证了通惠河上游的供水源源不绝。另外还可分出一部分流水为海淀附近增辟园林之用。经过这番调整之后，昆明湖表面上形成了一个优美的风景中心，而实际上却起了作为北京城水库的作用。在北京城市发展的过程里，为了解决水源问题而进行的长期修建中，人工水库的设计这还是第一次，其规模虽然不大，却是值得重视的。正是有了这样一个规模不大的小水库，西山山麓的若干细小泉流，才得汇聚到昆明湖中。当时曾用长达十里的石凿水槽，把西山卧佛寺与碧云寺附近的几处山泉，导引至玉泉山下，同注昆明湖，使涓滴之水，都能为济漕通运和点缀园林之用，可是用心之苦，这也反映出水源枯竭的严重情况。明清两朝对于北京近郊水源的开发和利用，至此达到极点。

四 北京城的排水系统和道路工程

（一）主要的排水渠道和街道沟渠

明清北京城内的排水系统，同样是在元大都的基础上发展起来。对于大都城内以排水为主的明渠暗沟，记载不多。到了明朝，有关的记载增多起来，《明史·河渠志》六称：正统四年（1439 年）“设正阳门外减水河。并疏城内沟渠”，可见城内沟渠已早有铺设。护城壕的作用，不仅是一种防御工事，也是城内在上游供水和在下游排洪泄污的干道。德胜门西水关是从护城濠供水入城的上游，前三门外的护城濠则是城内主要渠排洪泄污的下游。

城内主要沟渠，见于记载者有下列数条：

（1）大明濠或称河漕：从西直门大街上的横桥（或称虹桥、红桥、洪桥）南下，直到南城墙下的象房桥，经宣武门西水关入南护城濠。

（2）东沟与西沟：分别从西长安街南下，然后汇合为一，继续向南至化石桥，经宣武门东水关入南护城濠。

（3）东长安街御河桥下沟渠：上接积水潭，为通惠河故道，下经正阳门东水关入南护城濠。

这些沟渠都是顺自然地势自北而南的明沟，其中尤以大明濠与通惠河故道为最重要。此外，全城大小街道大都有相与平行的支沟。《明会典》卷 200 有记载说：成化六年（1470 年）“令皇城周围及东西长安街，并京城内外大小街道沟渠，不许官民人等作践掘坑及侵占。”可是街道沟渠的分布，是很普遍的。

这里所谓“京城内外大小街道沟渠”，当是包括了前三门外的一带地方。这一带地方早在外城修筑之前已有民居，大小街道多系逐渐发展起来的，事先未经规划，因此所有沟渠的分布，当不如前三门以内的普遍。外城跨越街道之间主要的排水渠道，也有三条：

（1）龙须沟：从山川坛（先农坛）西北隅外的一大苇塘东流，穿过正阳门大街的天桥和天坛的北侧。又绕至天坛东面，曲折蜿蜒，经右安门西水关入外城南护城濠。这大约是在永乐年间兴建天坛与山川坛时利用原有的低洼地带疏导而成，龙须沟一名是后来才见于记载的。

（2）虎房桥明沟：从宣武门以东护城濠南岸的响闸开始，经虎房桥至山川坛西北隅外的苇塘。

（3）正阳门东南三里河：正统初年修浚护城濠时，从正阳门以东护城濠南岸开渠，东南经三里河，下游入龙须沟。

外城这三条主要沟渠，都直接或间接起着排泄前三门护城濠余涨的作用，实际上是内城排水系统的一部分。

到了清朝，北京内外城的沟渠又有增加。

根据清光绪《会典事例》所记乾隆五十二年（1787 年）北京内城“大沟三万五百三十三丈”，“小巷名沟九万八千一百余丈”，其中绝大部分当为埋设地下的暗沟网。至于外城则缺乏统计数字，难以比较。总之，外城沟渠必少于内城，分布情况亦不如内城之普遍。

解放后对北京市城区旧沟普查的资料，确实证实了北京城内外大小街道都有排水暗沟。其一般作法是，沟底用砖铺砌，约厚 20 厘米，沟帮用砖砌成厚度为 50 厘米左右，上部盖石板[70]。此外，从清代的工程档案中也可看到一般明沟的作法。如在崇文门迤东至城墙下开挖的一段明沟所见，大略如下：“刨挖沟漕落深八尺，宽九尺五寸，沟底灰土二步”；“沟帮二面灰砌，大新样砖各三进，沟底平墁大新样砖二层，沟帮背后筑打灰土各宽三尺”。[71]

（二）紫禁城的排水系统

紫禁城内的沟渠自成一独立系统，除埋设地下的暗沟网外，有明渠一条，即内金水河。

内金水河从紫禁城北筒子河西端涵洞引水入城，沿西墙内侧向南，曲折东转，经武英殿前，穿过午门内金水桥下，绕至文华殿后，又折南转，经东华门内，出紫禁城东南涵洞，注南筒子河。其下游从筒子河东南闸口流经太庙东墙外南流，汇入外金水河，这条内金水河在紫禁城内蜿蜒曲折的形势，与明初着手兴建但未完工即行中止的凤阳中都城如出一辙，这就提供了一个重要线索，说明永乐初年改建北京城，除去南京城的宫阙制度外，还另有一个蓝本，这就是凤阳的中都城。这条金水河的开凿，不仅为了点缀宫廷，更重要的是它的实际用途，其一是为了给紫禁城内消防火灾提供水源，其二是为了在暴雨之后赖以排泄紫禁城内的洪涝。实际上这后一项作用更为重要。因为整个紫禁城内不仅建筑物十分密集，而且所有大小庭院都是普遍用砖墁地，如果没有排泄雨涝的设备，必将引起水患。历史的事实说明，自紫禁城建城以来的五百多年间，因雨涝致灾的记录并不一见。这就说明内金水河以及环绕紫禁城的筒子河，确实起了防洪排涝的作用。从工程设计上来说，是考虑很周密的。

(三)明清北京城的道路工程

明清北京城的道路工程，根据其重要性的差别，采取了不同的作法。最讲究的铺石板路面，其次用卵石铺砌，最小的巷子为土路。据清代工程档案记载，当时最讲究的御路天桥至南坛门一段道路的作法如下:“天桥经南至南坛门止，石路一级凑长 350 丈，均宽一丈五尺”，“豆渣石横铺计一千七百五十路，每路均计三块，凑长一丈三尺四寸，宽二尺，厚一尺……每块底面作糙，五面作细，其余苗尺截头夹肋面俱露明占斧。两边牙石二道，计一千四百块，凑长七百丈，宽八寸，高二尺……”。“地脚长三百五十丈,宽二丈一尺，创筑灰土三步”，“石路上衬平长三百五十丈，宽一丈三尺四寸，创筑灰土二步，两边牙口外口凑长七百丈，宽三尺，筑打护牙灰土四步”。[72](图 12-8-6)

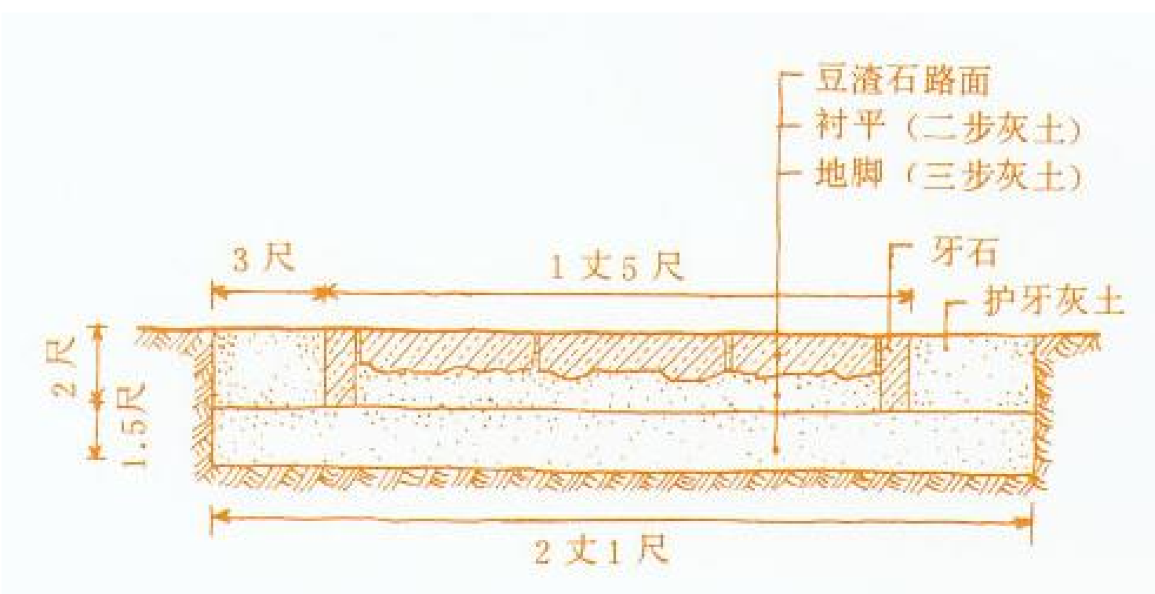


图12-8-6　北京天桥至南坛门道路作法图

五　明清北京的筑城工程技术

明清北京城的筑城工程技术，比元筑大都时有了很大的发展，它综合了历代国都筑城工程的特点，并加以完善，城防设施达到了与当时攻城兵器相适应的新水平。

从总体规划上来看，明初构筑的是一个三套城，即紫禁城（宫城）、皇城和内城。到了明中业，为了获得更大的防御纵深，又企图再加一道外城，从而变成四套城。但是由于经济力量所限，外城只包筑了正南一面，于嘉靖 23 年（1553 年）完工。

内城是当时设防的重点，城墙修筑牢固。墙高 11.5 米，墙脚厚 19.5 米，顶面宽 16 米。这样大的高厚比，是前所未有的。城墙里外都包了砖，厚为 1.0—1.8 米，下部改为包砌 2 米厚的条石。这样的构造，强度大，不用反复维修。

城墙防御体系的构成有城门、城楼、箭楼、闸楼、角楼、敌台和护城河。

城门既是出入城市的交通咽喉，和在战斗中出击敌人的孔道，又是受敌袭击时的薄弱环节。这几种功能,如何统一于一座城门的建筑工程中,并给予恰当的处理，值得研究。北京城采取了构筑瓮城、箭楼、闸楼的办法（图 12-8-7），使城门成为能独立进行战斗的坚固支撑点。九座城门都构筑了瓮城，一般瓮城只偏开一门，使攻城者不能直冲入城，只能曲折前进。同时又考虑到各城门之间互相支援比较方便，就把相邻两门的瓮城城门遥相对开。例如，达城东面的两门，东直门的瓮城城门向南,朝阳门瓮城的城门则向北。至于正阳门的瓮城在东、西、南三面各开一门，但正南一门只供皇帝出入（图 12-8-8）。

瓮城上设有箭楼或闸楼，箭楼每面墙壁上下有四排射孔，可以对敌人进行大面积的射击，使城门处在强有力的火力控制之下。一般箭楼下无城门洞，只有正阳门箭楼例外，因此在正阳门箭楼的门洞中，除去城门之外，还在门前 3 米处增设一道铁闸门，平时可以上部用绞车升起，战时靠重力放下，铁闸门用 0.5 厘米厚铁板包木，总厚 10 厘米。在一般瓮城的城门洞上都设有闸楼，敌人迫近时，从闸楼上可以一面放闸关门，一面从射孔射击。

角楼是修筑在城墙四隅上的防御据点，既可供了望，又有射孔，可以射击。由于角楼突出城墙之外，就能够侧射迫近城墙下部的敌人。

内城城墙上设有敌台 172 座，有大、小两种，每座小台夹一座大台，敌台与城墙同高，间距在武器的射程之内（100 米—60 米），便于在敌人攻城时互相支援。

城墙垮水道处做了水关，墙上开券洞，洞内设置铁栅栏，以防止敌人从水道潜入城内。有的水关设有可以启闭的铁栅栏门，以便在必要时出入。护城河是修筑城墙时取土后所留下的大沟，引水注入便形成一道天然屏障。护城河宽约 30 米，深约 5 米，距城墙约 50 米，在各城门外设有石桥，石桥外设置能开关的铁栅栏，有敌情时即行关闭。

明清北京城可以说是封建时代设备最周全、构筑最坚固的城防体系。

明初改建北京城，从城市的平面设计到宫阙的布局,都进一步反映了封建统治者的政治意图,目的在于通过城市建筑以显示封建帝王的“尊严”及其独裁统治的“权威”。实际上这时的封建统治，已走向最后阶段，并日益暴露其腐朽没落的反动本质。这种情况，在北京城的营建中也充分反映出来。例如永乐十九年北京宫阙基本建成的时候，翰林侍讲邹琎就曾上疏给永乐皇帝说:“陛下肇建北京……几二十年，工大费繁，调度甚广……工作之夫，动以百万，终岁供役，不得躬亲田亩”。又讲到滥行征敛宫殿建筑用材的情况说:“官吏横征，日甚一日，如前岁买办颜料，本非土产，动科千百，民相率敛钞购之他所。大青一斤，价五万六千贯。进纳，又多留难，往复辗转，当须二万贯，而不足供一柱之用”。这真是骇人听闻的数字。又如万历三十七年（1609 年）重修三大殿，《明史・食货志》六记载说:“三殿工兴，采楠杉诸木于湖广四川贵州，费银九百三十余万两，征诸民间”。只这一项用材耗费，就约合当时八百多万贫苦农民一年的口粮。

到了清朝，滥用于建筑的费用，数目更大。清朝统治者虽然已经继承了前明的全部宫殿，却又在西郊大兴土木，营建离宫别馆。从畅春园、圆明园开始，一直到玉泉山静明园，香山静宜园，最后又在帝国主义侵略者所焚毁的万寿山清漪园的废墟上修建颐和园。前后历时二百余年，工程的浩繁，费用的巨大，还在紫禁城之上。

第九节　嘉峪关城

一　万里长城的雄关

嘉峪关是明代万里长城西头的一座关城，它是我国古城中一种重要的类型，属于防御性的城堡建筑。象这样的城堡建筑，在长城沿线的重要关隘地方都有，如秦皇岛市的山海关（图 12-9-1），北京的居庸关、八达岭关城，平型关及雁门关等等不下数十处。除了长城沿线的关隘之外，如山东蓬莱水城，北京芦沟桥渡口的拱极城（即宛平城）都是属于这一类防御性的城堡建筑。

嘉峪关是万里长城的一个重要关口，关城本身即是长城的一个重要组成部分。

万里长城是我国古代劳动人民创造的一项伟大工程，由于它规模之大，修建历史的悠久，在很久以前就被列为世界上的历史奇迹之一。还在公元前七至四世纪的时候，正值我国历史上的春秋战国时期，秦、楚、齐、燕、韩、赵、魏、中山等各诸侯国家之间为了互相防御，都在自己的领土上修筑了长城。不仅有东西向的，也有南北向的，互不相连，自成起迄，这些长城由于秦始皇统一中国之后，它们已经失去了原来的防御作用，而且有碍国家的统一，秦始皇就下令把它拆除，以后即未曾修缮过了。

公元前 211 年，秦始皇统一六国，为了防止我国北部的匈奴族奴隶主贵族的骚扰劫略，下令以原来燕、赵、秦北方的长城为基础，又重新增建修筑了一道东西向的长城。据《史记》记载，在大将蒙恬的主持下，“将三十万众，北逐戍狄，收河南，筑长城，因地形，用险制塞，起临洮，止辽东，延袤万余里”。以后经过汉、北魏、北齐、北周、隋、金、元、明等朝代都对长城继续修筑使用。尤其是汉朝和明朝修筑的工程更大，汉朝把秦长城西头延长了数千里，到达甘肃、新疆境内，还在秦长城以北很远的地方修筑了一道外长城和许多列亭、城障、烽燧。明朝则把大部分重要地段的长城改用砖石合筑，在工程技术上有了很大的改进。明长城总长一万二千七百多里，现在所看到的河北山海关、北京居庸关、甘肃嘉峪关等地段的长城即是明代所修筑的。

二　嘉峪关修建的历史

嘉峪关在甘肃省的西部，河西走廊的西头，明代万里长城西端的起点，是现存长城关城中最完整的一处。

嘉峪关关城的修筑经过，据乾隆时《肃州新志》记载:“嘉峪关，在州西七十里嘉峪山西麓，明初置，洪武五年，冯胜下河西，……筑土城，周二百二十丈，宏治七年闭嘉峪关，……嘉靖十八年，尚书翟銮行边言嘉峪关……为河西第一隘口，墙濠淤损，宜加修葺……每五里设墩台一座，以为保障。因使兵备道李涵监筑，起于卯来泉之南，讫于野麻湾之东北，板筑甚坚。”

到了清代，嘉峪关已逐渐由原来的关防，变成了检查的关卡。《肃州新志》记载:“自康熙五十

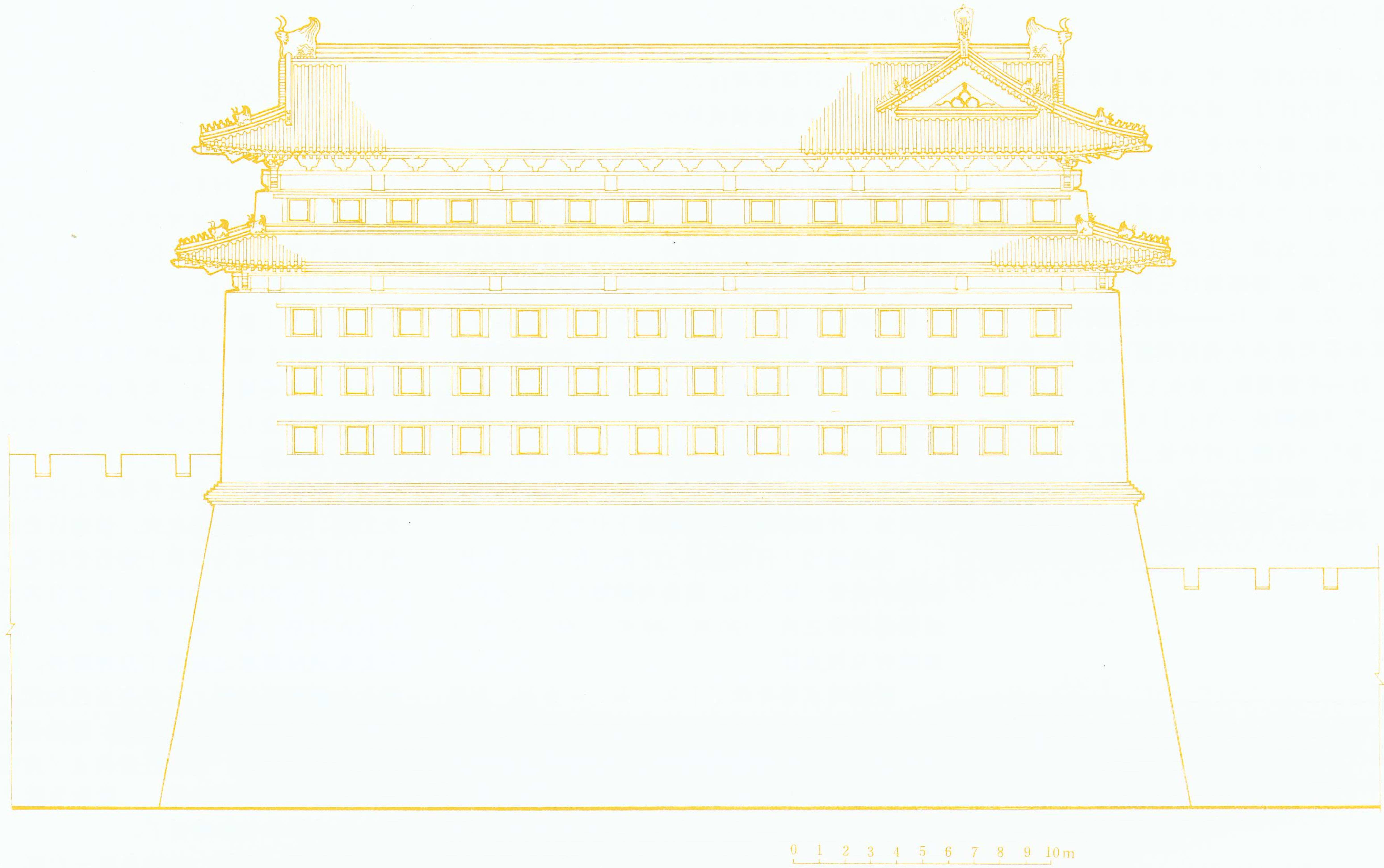
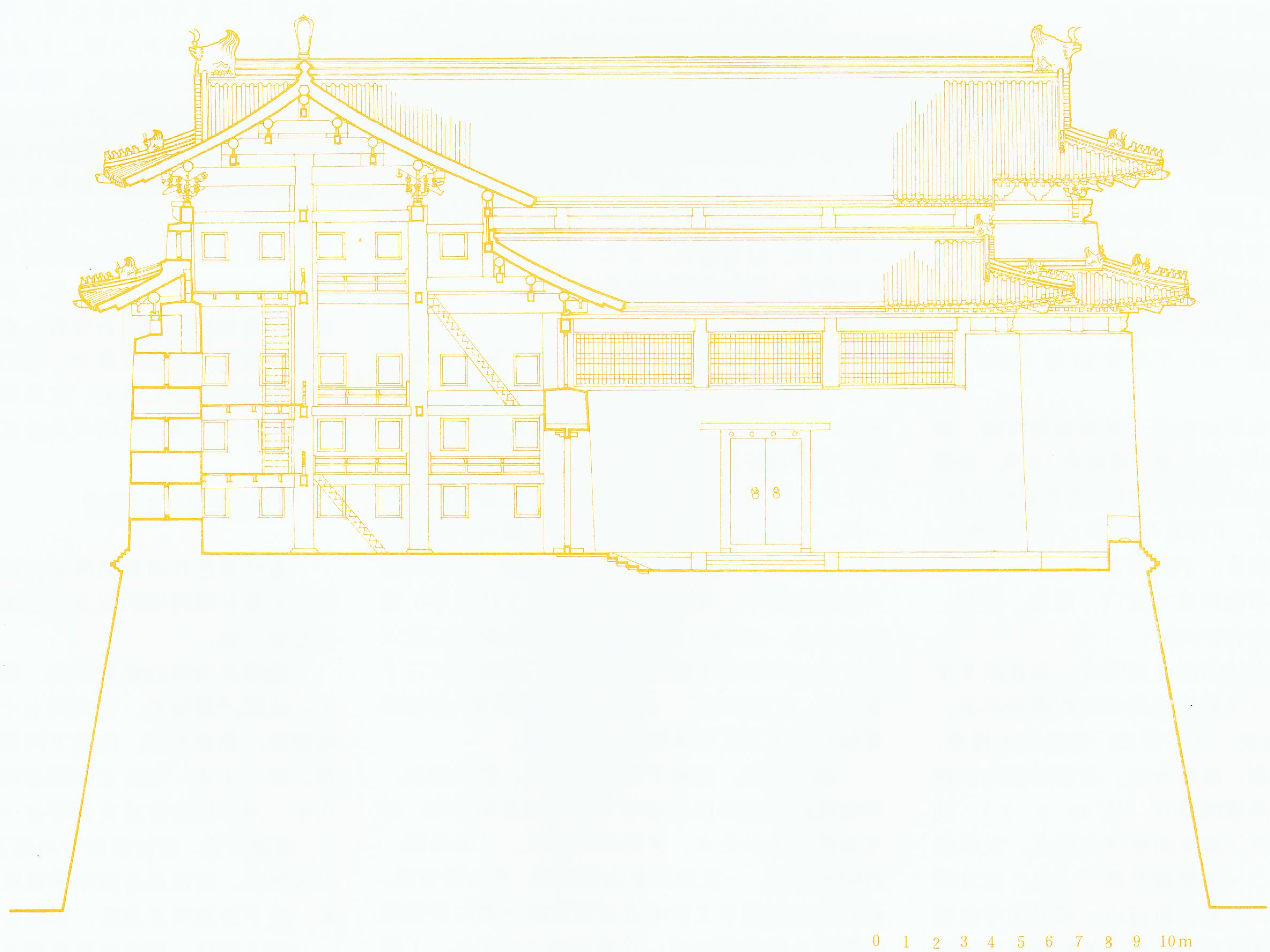


图12-8-7 （1）北京城东南角楼立面图



（2）北京城东南角楼剖面图

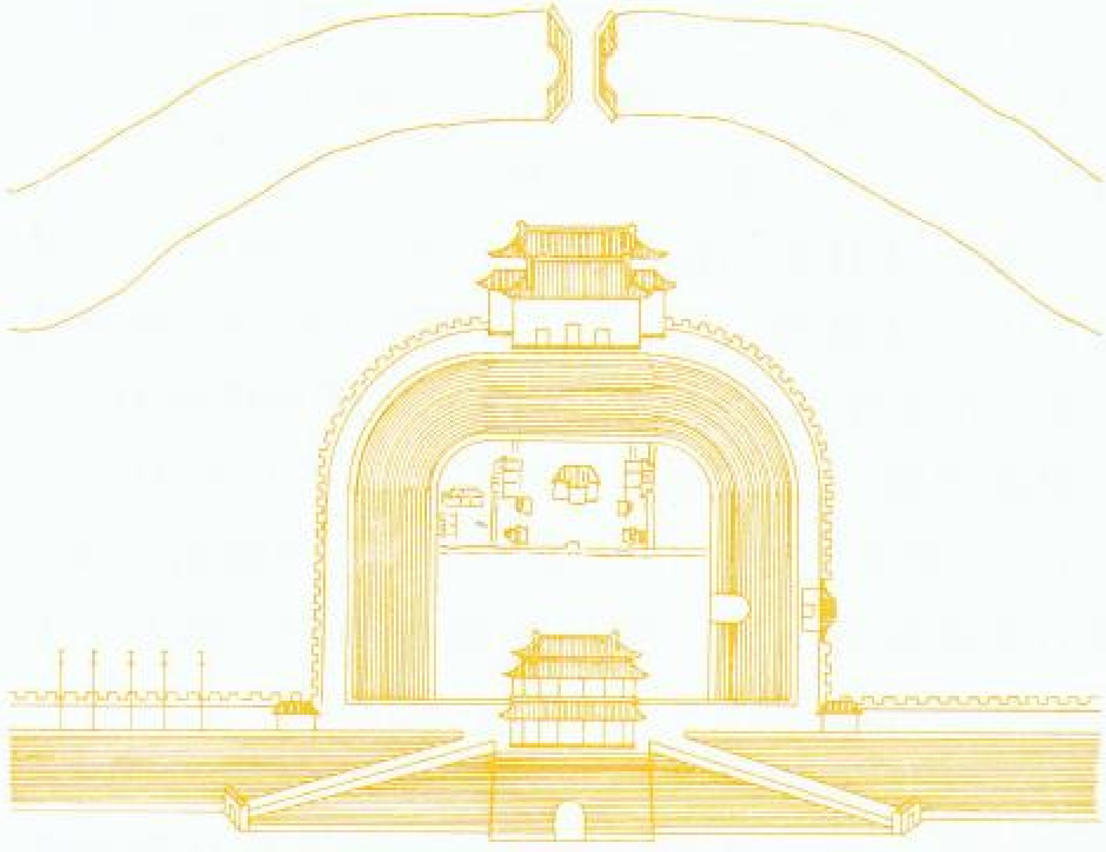


图12-8-8 （1）安定门

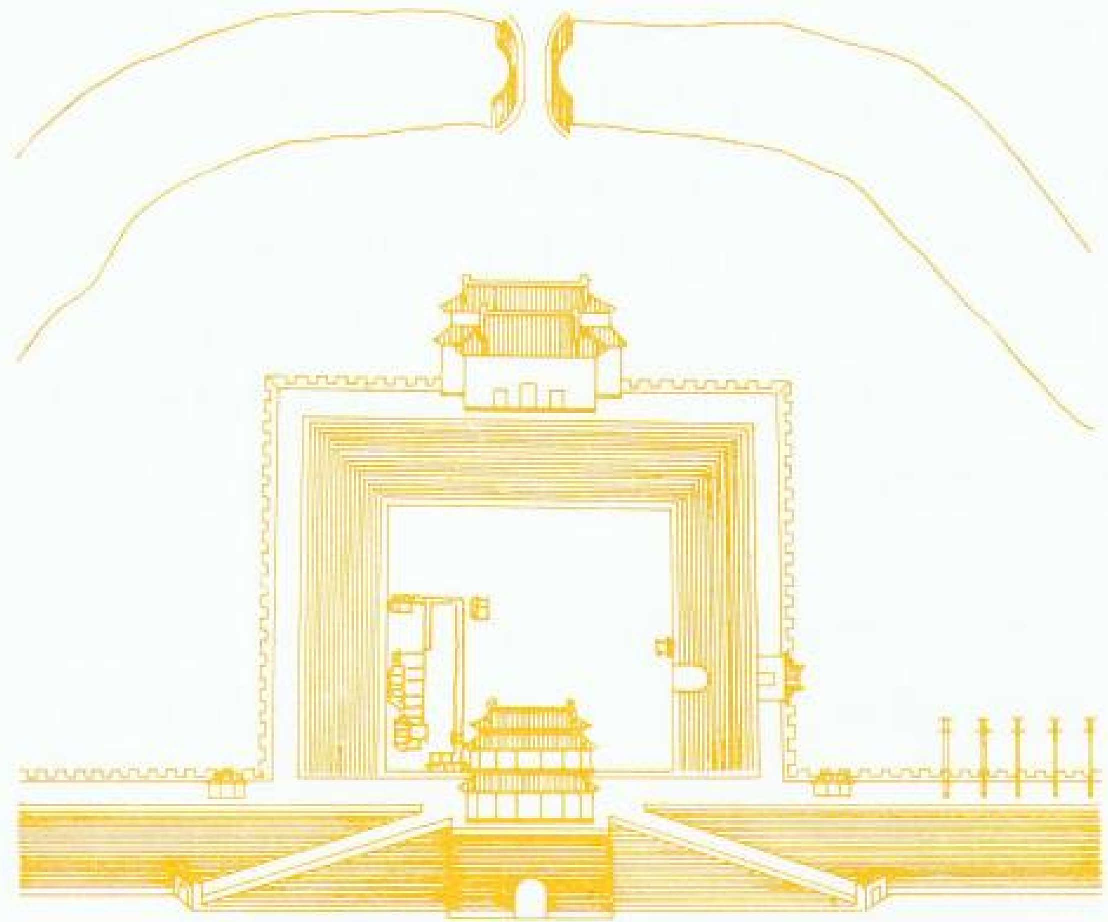


图12-8-8 （2）正阳门

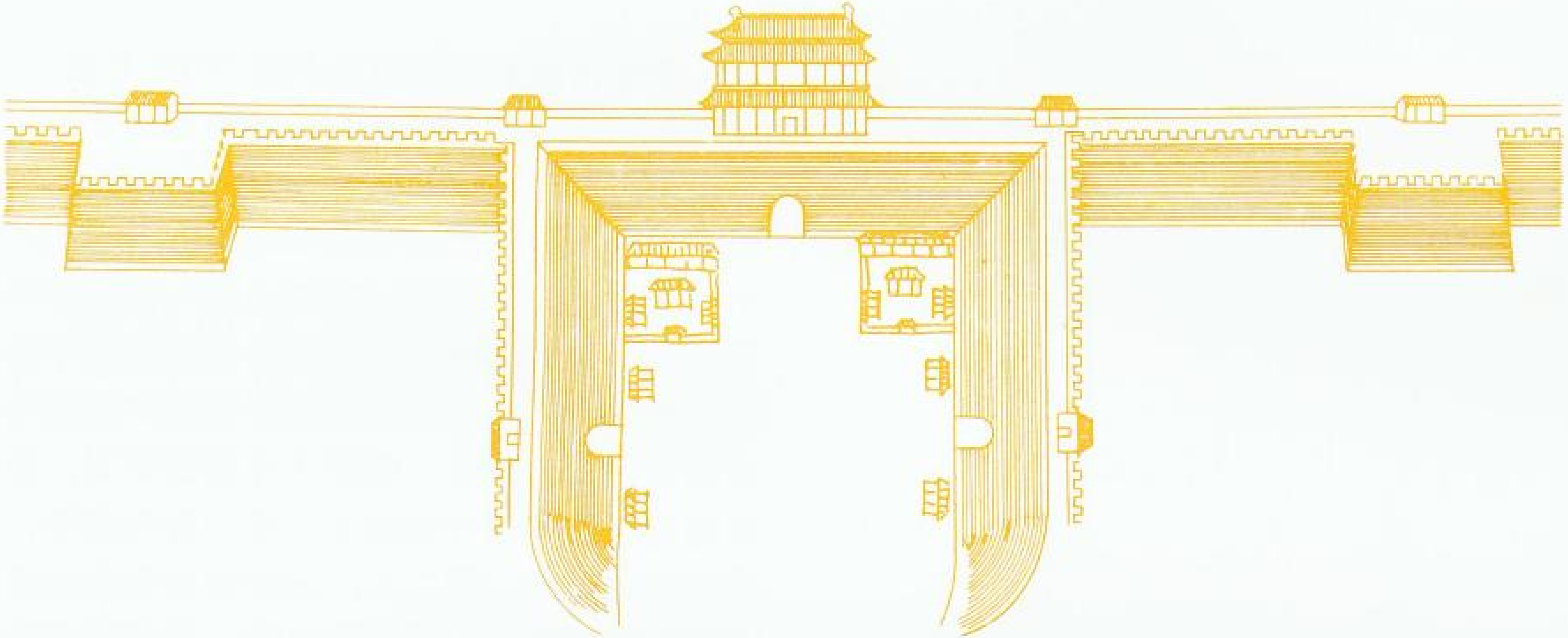


图12-8-8 （3）东直门

图12-8-8 北京瓮城局部（根据乾隆《京城全图》描绘）



图12-9-1 河北秦皇岛山海关"天下第一关"城楼

四年，嘉峪关外古酒泉西鄙之地，敦煌全郡之地，渐次经营，开设卫所，雍正三年，河西卫所均改郡县，至哈密古伊吾郡，设兵驻防，迄为重镇。"

三 嘉峪关的形势

从现在的酒泉西行，穿过数十里的戈壁滩，直达嘉峪关下，在古大道的两旁，隔不多远就有一座烽火墩台（烟墩）耸立道旁，有五里一小墩，十里一大墩的说法。在很远的地方就可看见嘉峪关关城雄峙在嘉峪塬上。

正关门向西一片戈壁平塬，离关八里以外有三道自然遗留的地面沙梁，形成了三道屏障，左侧塬下为沙滩古河床和沼泽地围抱此塬，右侧突有起伏大小高低的山尖，起到了塬上环壁的作用。以势设防选择了离城五里之外的山尖上设有五个墩的墩台为五墩山，十里又设有三墩，十五里处又为头墩子山，即成此关的前方哨所。

关城的南北伸展了两臂，关南为明墙，直抵终年积雪的祁连山下，途中穿过北大河冰沟，河两岸设有两墩台，距离河面80米，两壁如刀切挺竖。

关城的北面为暗壁，沿嘉峪塬下九沟十八坡延伸直入榆树沟山（即黑山）半山之中，高于关城200米，关城又高于现在嘉峪关市区地面近200米，中途利用榆树沟口设有一营盘命名为"黄草营"，一靠山近水，二易隐蔽背风，依沟为道又能直通关西城外二十余里，为此关屯兵养马军营。使关城与关城和兵营成犄角之势，互相呼应，便于防守。

在嘉峪前有一条清清的泉水，在数百年以前就已把它称作"峪泉活水"而列为肃州胜景了。据《肃州八景》上说："峪泉乃嘉峪关坡下之九眼泉也，冬夏澄清，碧波不竭，以极关西。有此涌泉不惟民资为生，且又沃地数顷"。其实，这一片水草的重要性并不仅增加关城的景色，而更重要的是关城的命脉。如果没有这一脉清泉，守兵没有水喝和用水，牛羊马匹没有饮水，更不会生长草木田禾，这座关城也难以存在。嘉峪关之所以修建在这里，除了山形地势之外，这一泉水是起着重要的决定作用的。这正反映了我国古代任何城市选址时所必须考虑的水源条件。

四 嘉峪关城的布局与建筑

嘉峪关属于明长城的九个防守重镇中的甘肃镇肃州卫，与整个长城、烟墩等联成一体，关城即是整个长城防线上的一个重要据点。

关城的平面布局，周长733.3米，面积为33500平方米，即当时的五十亩，城东段各有一道城门，两城门外都有瓮城围护，充分反映出以防御为目的的特点。它是一个西头大、东头小的梯形平面。东面城墙长154米，西面城墙长166米，南北城墙各长160米。在西头城墙外侧又加筑了一道高大的有石条筑底、内外包砖的城墙，东南北三面有黄土筑起的围墙，形成了四面掩护之势，使迎敌的一面的防御工事更为坚固，构成

一个外罗城，使整个关城成了双重城墙的布局。在关城的东面是一个宽大的广场，广场的平面也为梯形，但方向相反，宽的一面向东，为关内的瓮城（图 12-9-2）。

从关城的东面有闸门进入罗城，闸门上有闸楼，单檐歇山顶。居高临下，面向关内村镇，是古代出入关城的必经之门。靠近关城的东门有戏台、关帝庙和文昌阁等建筑物。关城只有东西两门，南北不开门。东门叫光化门，西门叫柔远门（图 12-9-3）。柔远门外面的罗城亦有门，也就是嘉峪关的大门，原来“天下第一雄关”的匾额即悬挂在此门上。此门楼在解放前已破坏（图 12-9-4）。光化门与柔远门外都筑有瓮城，瓮城只在南侧辟门与城门不相直通，其目的是为了防守更严。光化门与柔远门上均有城楼，面宽三间，周围廊，三层单檐歇山顶，高 17 米，耸立在高大城门之上，气势壮观。在关城内东西两门的北侧设有宽阔的马道可以登上城墙，便于守卫士卒上下。

关城的四角有角台，角台上有角楼，高两层，全部用砖砌成，形如碉堡。南北两侧城墙的正中，有敌台，台上建敌楼，面宽三间带前廊。罗城西头城墙的南北两端亦建角台，台上建角楼。整个关城之上，远远望去城楼高峙，碉堡林立，显示出万里长城一处雄关的气势。

关城城墙的结构大部为土筑，只是城门、角楼包砖。城墙高 10.6 米，下基厚 3 米余，墙顶宽 2 米，有显著的收分。城墙顶上外侧设砖砌垛口，内侧设宇墙。城墙用就地取材的黄土分层夯实，夯层 14 厘米左右。夯打极为坚实。罗城的西墙，因为是迎敌的一面，所以全部用砖砌，增加了关城的坚固程度。

关城之内的建筑物，现在仅存了清代所建的游击衙门一处，井亭一座，其他的官兵住房和粮秣、武器库房在解放前已经不存了。

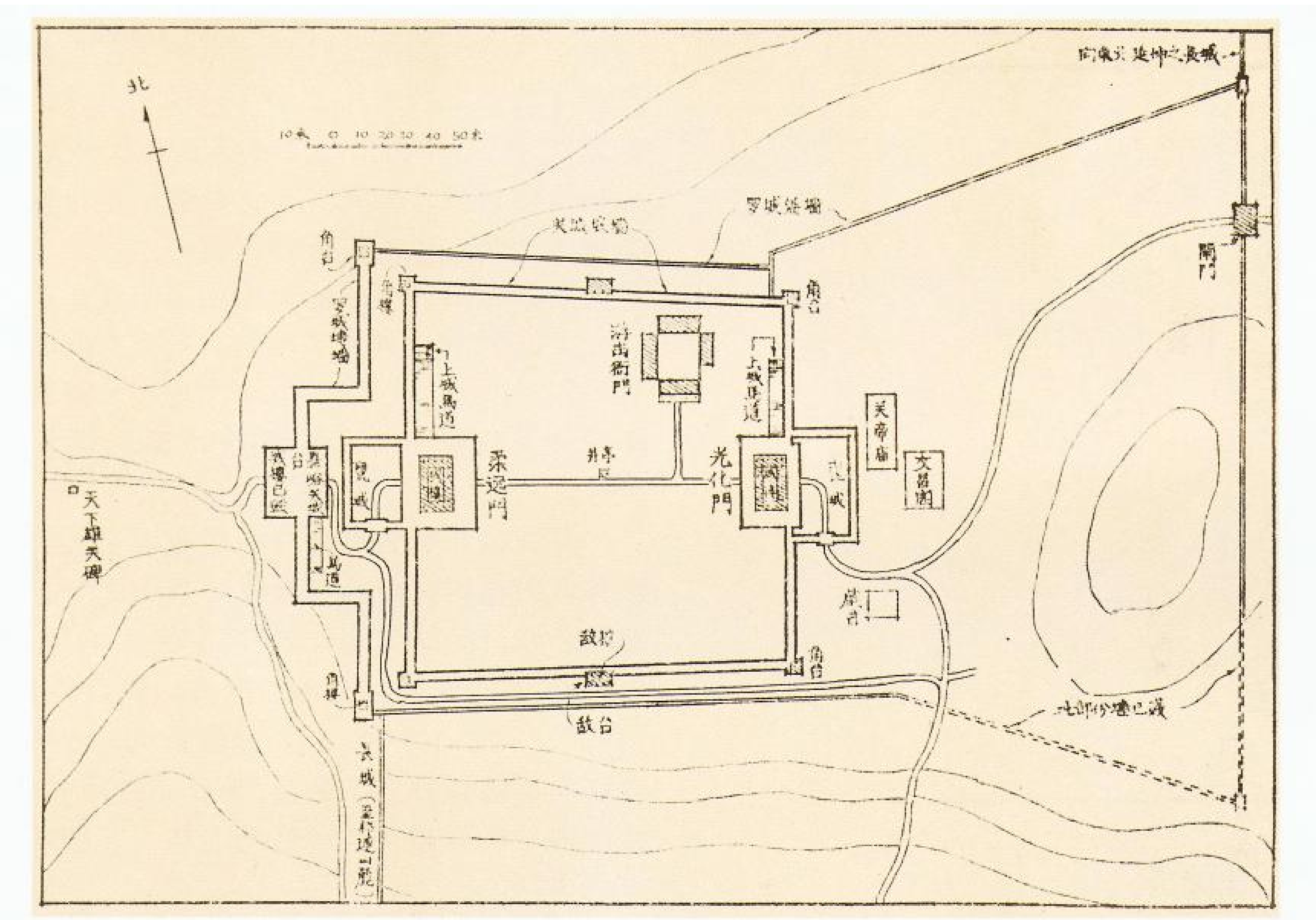


图12-9-2　甘肃嘉峪关平面图



图12-9-3　甘肃嘉峪关西门城楼

五　嘉峪关附近的长城和烟墩

嘉峪关城是明代万里长城关线上的一个据点，长城和烟墩与它是有机的组成部分。

嘉峪关附近的长城大部是土筑，高 4 — 5 米。长城城墙根据防卫的需要和地势情况采用了多种不同的形式。据《肃州新志》记载，有四种不同的形式：一种是无垛口的城墙，用在比较不容易受到敌人攻击的地方。第二种是有垛口的城墙，同时还有墙台即敌台，以便士卒巡逻守卫，这种城墙是用在险要坚守的地方。第三种叫崖榨，据记载上说高三丈，阔二丈，应是依着陡峭山崖而设立的木制短墙。第四种叫边濠，其形式与建筑方法，据记载上说濠口阔三丈，浚至见水为止，底阔一丈，两岸筑土堰各一道，底阔四尺，顶阔一尺五寸，高五尺。

从以上几种形式的修筑方法可以看出，在修筑长城的时候，采用了按照防御的需要、因地制宜的原则来进行修筑的。如象边濠这种形式，是在苦水界牌的地方，这里是低洼多水之地，如果修建高墙是很困难的，而用濠沟作为防御攻事既省力又可达到防御目的。

烟墩即烽火台，也称作墩台、堡子，是长城沿线守卫和联络、传递消息的据点，是与万里长城不可分割的重要组成部分。在汉朝叫做烽燧，每个燧有五、六人至三十人不等，他们的任务第一是防守本燧的安全，了望敌情，传递消息；第二是保卫屯田；第三是检查和保护来往的客商使旅；第四是支援附近的防务。

报道敌情所用的方法分白天、黑夜两种，白天燃烟，夜间用炬火。根据来犯敌人的多少和军情缓急，可用燃烟（燔薪）和炬火的次数来区别。这一方法一直到明朝都还采用，沿袭了将近两千年。到了明朝又有所改进，除白天燃烟、夜间举火的次数之外还加用放炮的数目，使传递军情更加准确。

烟墩的建筑在山岗或险处以 3 米左右的墙围成一个方形院落，在院落的正中或是角上砌筑十数米的高台，台上修建了望用的房屋，以及燃烟的炉灶、放火的竿木。在台下周围院落之中，修建住房、仓储和马厩等房屋。院墙和墩台在明代以前多为土筑，明代在重要的地区改用砖石砌筑，在防卫工程上更加坚固了。

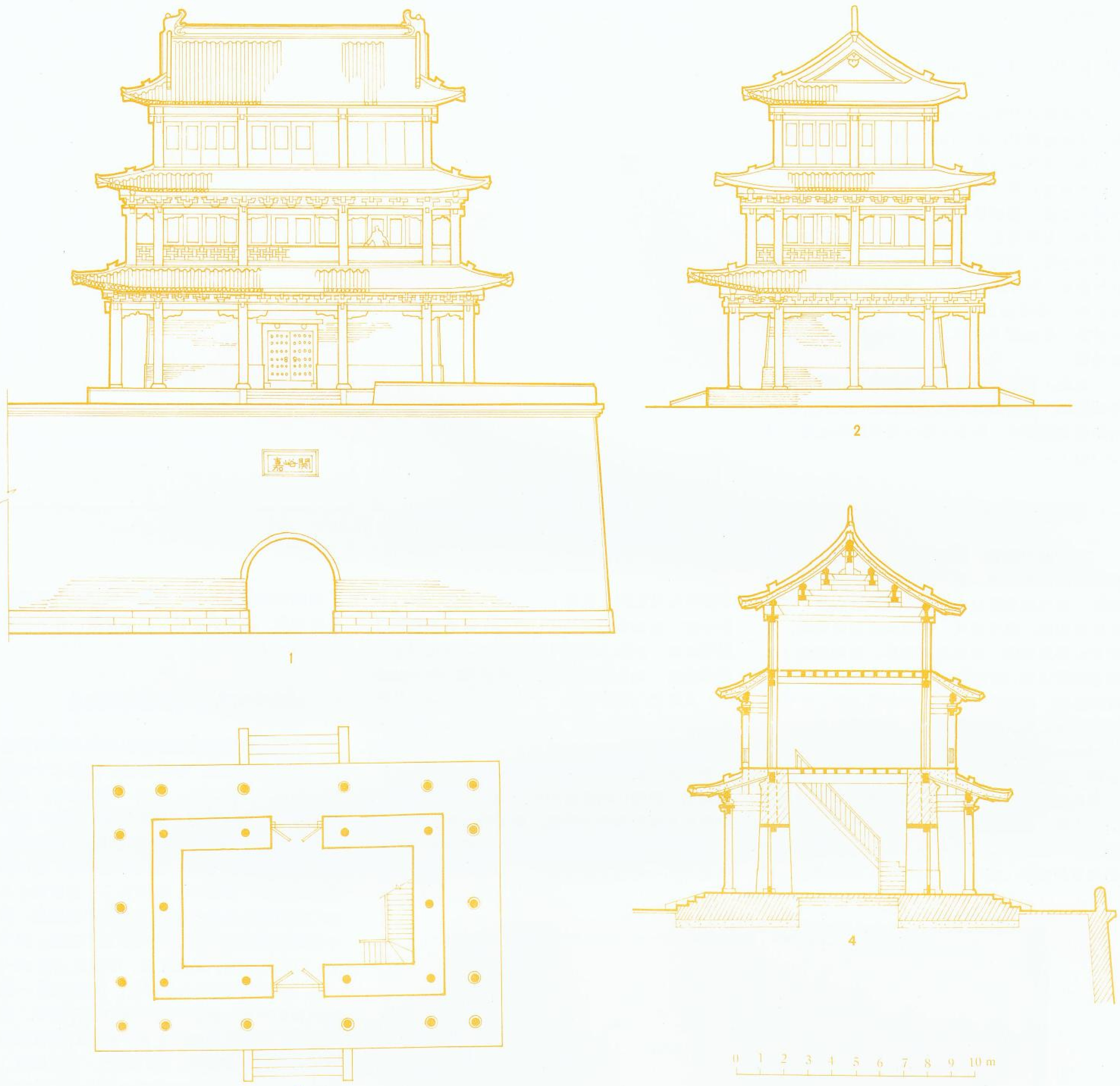


图12-9-4 甘肃嘉峪关城楼复原示意图（此楼已于1936年塌毁，现在仅存基址）

1.正立面图；2.侧立面图；3.平面图；4.剖面图

根据文献记载，嘉峪关共管理墩台三十九座。在嘉峪关附近的一处墩堡，平面为一个四方形的围墙，南面开门，可容数十人居住。烽火台为土筑，高 6 米余，在台子的侧面有梯道可登上台顶，台顶上还有高 2 米多的残墙，是了望戍卒居住之处。

明代长城烟墩的形式很多，据明朝陈棐所撰的碑文上说："今各筑大墩，中建实台，台用悬洞天桥，而大墩外筑城，垣面暗砌铁门，放将军火炮，多安放火枪孔，名曰铁城迅击台，……名曰轰电却胡台。复广前墩之式，中建一台，即安火炮铁门券洞于台下，通出四面，以大将军炮诸火器向外击贼。台上有房屋，多储器粮，台中之底多凿井，以防攻困，名曰玉空飞震台。复广前墩之式，中建墩台，四隅筑二实台，二虚台，虚台中设火洞炮眼，悬空安门置梯，从此以上下，名曰风雷太极台……"。

从这一碑文所记各种墩台的构造形式与设防，可以看出，明长城墩台的结构是非常多样的，按照不同的情况和险要的程度分别设置。特别在嘉峪关城关南面明墙一道，不仅以五里一小墩，十里一大墩，而且在二里半又增设一墩，简称半路墩以示重防。

嘉峪关的建筑布局与建筑技术，充分反映了作为古城的一种类型：它的选址、规划、平面布局以及建筑物的结构与形式充分满足了防御功能的需要，从设计到施工，也都符合建筑和工程技

术的原理。

第十节　真定府城

明清真定府城在今河北正定县，战国燕赵间地，汉初地属常山郡，汉高帝十一年改名真定，后分常山郡置真定国，真定得名由来于此。隋唐为恒州或恒山郡。唐贞元初，分天下为十道，恒州属河北道，置成德军，为北方军事重镇，后改名镇州。北宋因之，置军如故。元代置总管府，直隶中书省。明清两代为真定府治。明代，巡抚驻节真定，升为省会。清代，移省会于保定府（今保定市），改真定府为正定府，辖州县十四，正定为首县，县治附于府城，今县所辖即归真定县县城范围。

真定，自古以来号称河北重镇，“面临滹水，背依恒山，左接沧海，右抵太行”，形势险要，为南北交通要冲，历史上每为兵家相争之地（图12-10-1）。



图12-10-2　正定府城图

一　城市建置简史

真定城市建置，根据文献记载，自汉代的东垣城始有迹象可寻。东垣故城在今县城南八里古城村，地当滹沱河以南，与今城隔河相望，即汉真定国旧治，晚至清代，废城渠流犹可辨认。晋代常山郡置赵国，移建置真定县，是为后来（唐宋元明清以来）的府城址，与东垣故城已非一地。城池建制，据明清时代编修的府县志称，汉晋时所筑均为石城。唐宝应年间，成德军节度使李宝臣因滹水灌城，又扩而大之。宋元时代并因旧城修葺，然非石垣。唐以前究竟是石垣还是土筑，已无从证实，从明朝包修砖垣推测，宋元时期城仍为土筑。真定府城包修砖垣，大规模的工程是在明中叶以后，从隆庆五年（1571 年）开始，延续到万历四年（1576 年）才完工。工程浩大，由府属各州县征派大量民工、卫军，计算丈尺，分段包修。先是宣德三年（1428 年）即有修葺北门城楼之役，正统十四年（1449 年）又增筑城址、疏浚城濠，以为固守之计。后来崇祯二年（1629 年）又于北门月城连接，十二年（1639 年）又补城西南隅。终明一代，城工屡屡不断，是和当时的政治军事形势有着直接的关系。自正统间土木之变，蒙古贵族残余势力屡屡南袭，企图恢复旧日局面，给明代封建统治造成很大威胁，河北一带府州县城先后改为砖甓。至于明末年的葺理增补工程，不过是对当时声势浩大的农民起义运动所采取的一时应变措施而已。这座古代城市，到了清朝仍然屡有修补，并沿承明代兵卫旧制在太行山龙泉、固关各处隘口驻军设防，作为封建城垒的外围守卫。

二　城市平面布局与城垣构筑制度

明清真定府城是在唐宋以来旧土城的基础上进一步发展起来的。府县志称：城周二十四里，高三丈余，上宽二丈。门四，各有瓮城，月城，城上建楼，东曰迎旭（后称环翠），南曰长乐，西曰镇远，北曰永安（县志作永乐）。四隅各建角楼，南城外楼曰看花，额曰襟山带河。垛口旧五千五十有奇，崇祯十二年并为二千五百四十八。四门月城原来各有甬道，与里城不相连属，崇祯十年废甬道接筑为一。护城河二十五里，阔十余丈，深二丈左右，堤高丈余，厚如之（图 12-10-2）。城平面东西略长于南北，独缺东南一隅。城内街坊布置，随四门方位各有主干通衢，东西门相对，通衢直贯两门之间，南北门错位相向，不在城池南北中轴线，北门偏东，南门偏西。两门内主干大道分别交在东西通衢之处，形成两个十字街口，对北门的名小十字街，对南门的名大十字街，两者之间相距里许，城市中心形成为一个双十字形的干道体系。志书形容“城内街市，星罗棋布，分三十二地方”。所开街坊名称，基本是按四门统系划分的，半数以上属于主干通衢间的十字街或丁字街道口名称。历史上由于兵革变迁，户口变动很大，城市繁华集于闹市通衢，余外都改为田园。特别是城隅一带更多空旷，所以俗有“空城”传说，说明当时地方经济、文化发展远远落后于都会中心。

封建社会郡县城池的设置，一般说来，在规划布局上，除少数由于山川形势的限制例外，大

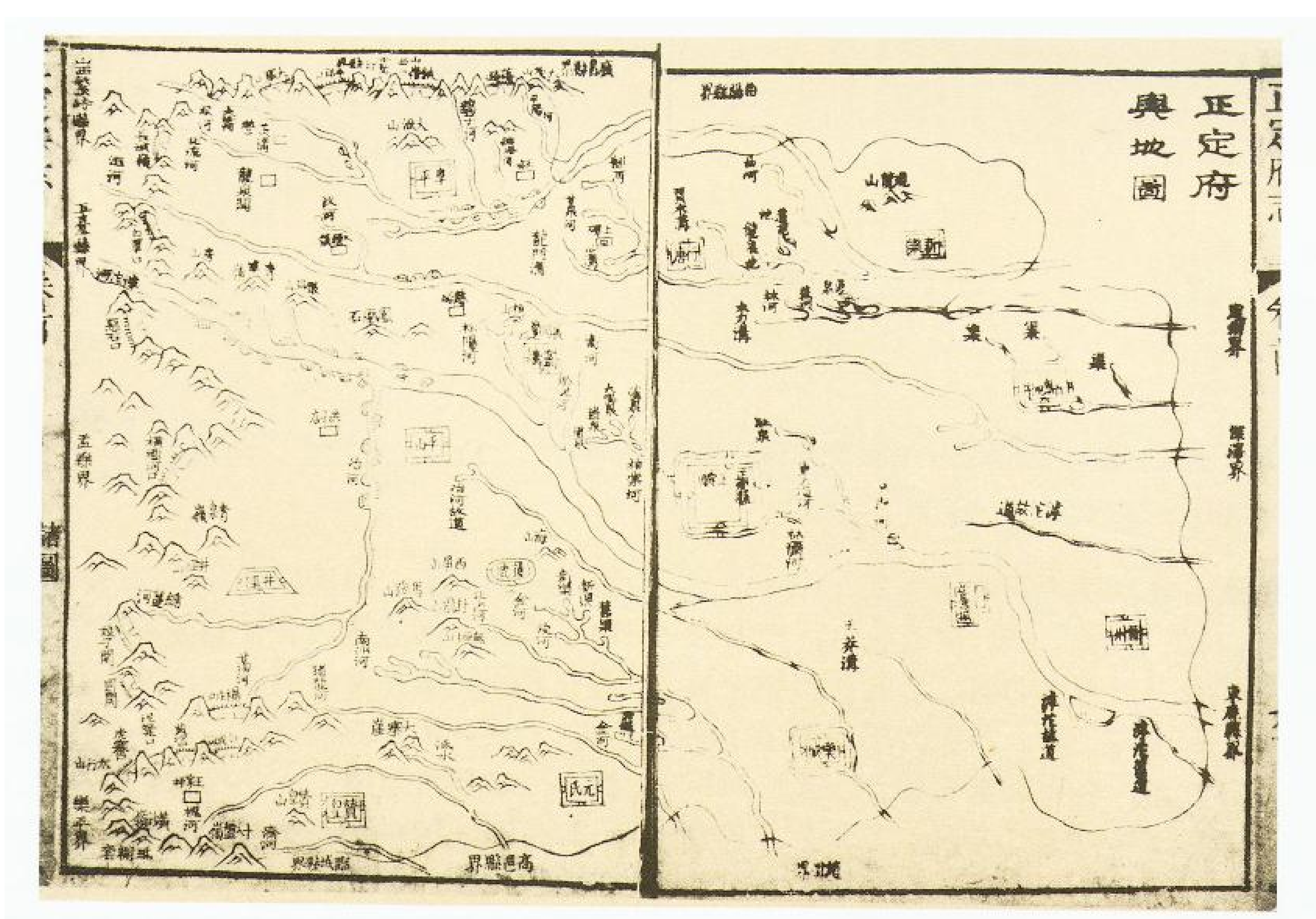


图12-10-1　正定府舆地图

都受着《考工记·匠人》王城建制传统思想的影响，总以方整为主。无论城市平面布局、城垣构筑方法与其内容设施，往往也是封建都会中心的缩影。府县官衙是封建政权的地方机关，常放在城市中心，文庙学校并居要冲，社稷城隍、军卫仓储各有一定位置。至于佛道寺观，往往遍布坊里各处。真定府城也不例外，府衙座落大十字街以西偏北，朝向正南，府前街南接东西通衢，形成城内最大的丁字街。前街后宅，衙前鼓楼、牙门、照壁，局面宏敞，至清朝末年犹拥有大小房舍二百余间。衙署后面山池台榭，早在唐代即有“北潭”园林之胜，与城东海子园齐名，屡见于唐宋人诗歌吟咏。县署在其西，前临两街通衢，规模略小于府署。城内文庙（孔庙）两处，府文庙当城中正北，县文庙在县署西，府县学校分设文庙旁侧，是专门培养封建官吏人才的地方。卫军驻防设有镇署，门前大街即为卫前街。城东南、西南两隅设有操练教场，城北另有大教场，占地数百亩。明建社稷坛在城外西北，清建先农坛设在东门外偏北，都是列在封建祀典的郡县设置。街道名称不少就是当年的官府寺宇旧地，这些官修设施分布全城要冲地方，大小机构总不下数十处，占全城地积十之二、三。

明代牧养军马于真定，定额常在数千余匹，太仆寺街即由当日官署所在得名，南门外沿滹沱北岸木厂村，旧为明代木材抽分场址。修北京宫殿采大木于山西，由滹沱河至真定交卸。

城市地形，大体据有两道高岗，自城西北通向城内偏北侧一道，由西北经府衙延至龙兴寺，府文庙所在旧称金粟岗。南面一道，即东西通衢一带，地势最高，与城隅四角凹下处高差丈余。官食民坊，集中主干街道两侧者，与自然地形也有一定关系。过去城隅一带多属芦苇坑地，城下有水门流向护城河。生活灌溉用水，依赖街坊、田间水井，地下水位浅，凿井很便利。城外水道，西北来源于西北乡大小鸣诸泉水，流向护城河；城东北另有旺泉水；城东南又有甗河水泉，都与护城河汇通，东南流向滹沱大河。城西南滹沱河水，沙泥浊流，素有小黄河之称。城西南修筑两道土堤，作为护城防备，但遇有山洪暴涨，水患仍然难免，历史上河工堤防屡屡修治。

明万历年间砖壁城工早已颓废，原有城身筑土，四面围势，断断续续犹宛然可辨，规模一如文献记载。四门城楼、四角楼、城上沿外侧砖砌垛口等，均已无存。现在仅南门墩台、券门，包括瓮城、月城和局部城身基本保留原来砌瓮形制（图12-10-3）。西北两门上存门墩台。城垣原有炮台设置，相隔五六炮台宽一座，即《营造法式》所说“马面”做法，随城垣外侧凸出一部分。真定城东南面所见，炮台多有随城身里外面都凸出的，台面加大，旧置铁炮火器，更有利于攻守。另有大型炮台数座，横宽两倍于一般炮台。这种构造形制，在其他城制颇少见。现存城心筑土较为完整部分，上顶宽度约9.56米，大于文献记载数字，如连外面砌砖厚度合计（约1.2米）当更为广阔。炮台外凸部上顶长约6.45米，横宽12米左右，墙身里外都有收分，上半截坍毁积土堆

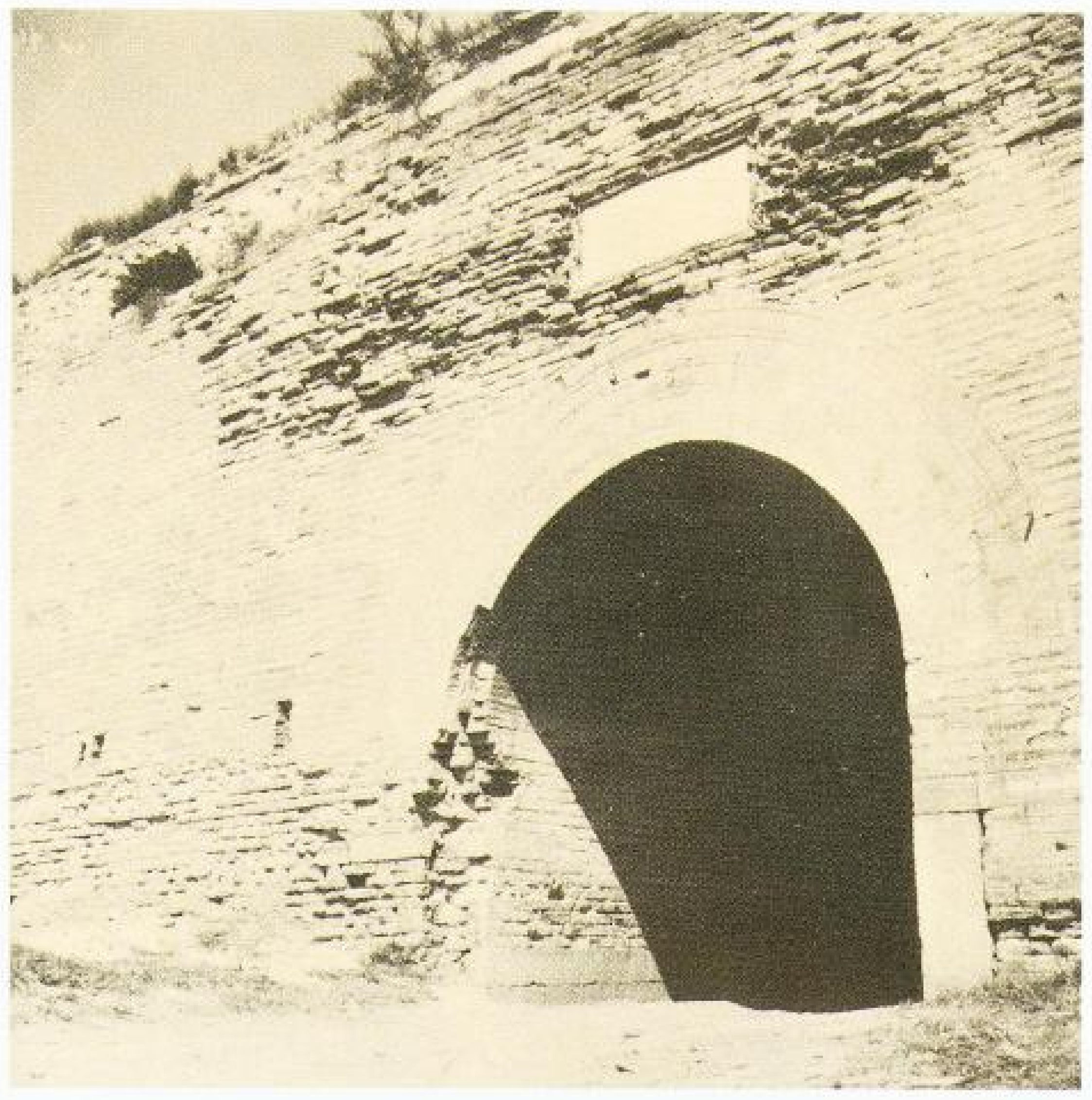


图12-10-3 （1）正定南城门



图12-10-3 （2）正定南门瓮城门

在城脚，已难准确测出。城墙外侧砌砖从残迹部分看，原做法表面使用城砖一进（城砖规格10×23×46厘米），统采取丁顺成砌方法（梅花丁）。背后砖使用城砖或用小砖（规格6×17×33厘米），一般城砖厚四进满用丁砖粗砌，小砖五六进不等。砌砖大体厚度在1—1.2米，城砖纯白灰砌。城里身随城高镶筑灰土一周，如外侧砌砖，灰土层厚26—27厘米。城心夯筑素土，一般层厚20厘米上下，个别也有10厘米左右的间有碎砖瓦隔层，似属明以前做法。城上海墁地面筑灰土二步，层厚约25厘米上下。里外城脚灰土散水二步，宽1米多，层厚20—25厘米，城外墙脚镶砌青条石两层，层厚约30厘米。这些设施在城身个别地方和城门墩台券门两侧地脚都还有保留（图12-10-4）。城门洞发砖券、城门、瓮城门都是五券五伏做法，月城三券三伏，都是三心券，如北京城门发券方法。券洞分里外券，靠外券里口安装城门扇，原制门扇包锭铁叶（门扇已无存），券内砌有石拴眼和上顶安门轴石眼仍完整。砖券自平水墙以上用小砖圈砌，长身通顺细砌（十字缝），如清代所谓“甎白细缝”做法。纯白灰浆砌，砖工很精致，墩台、城身表面砖都是用“缩蹬”砌法，随城垣收分自下而上逐层缩进不足半厘米。真定城工本于工部统一规定，绝不是地方手法，可能是明代土工通行的做法。就现状所见，万历间改修加固工程与当时京城内外城垣具体做法基本是一致的。所不同的是，在城制结构设计上最明显的是四门各设三重城垣，里城外面不但环绕有瓮城如一般城池制度，而且瓮城外面又环绕月城一道，瓮城高厚与里城相同，月城高厚仅及里城之半；里外城门三重，里城、月城门随方位正向开门，瓮城门偏左或偏右向开口，东北两瓮城门都偏在正门的右方，西南两门的则偏在左方。四门之间虽然位序不顺，但各个门都是向着日出或正南方向，这样四门出入孔道，由于瓮城的错向位置，很自然地构成了曲折、迂回的形势，既保持了城池门阙正面严正巍峨的外观状貌，层间设防掩而不露，又可以避免敌人长驱直入，利于攻守，正是出于军事深堑层垒设险为固的意图而设计的。月城的设施，颇类似南宋淮阳城下卧羊墙（羊马城，环大城外短墙）做法[73]，卧羊墙围大城以外，此则仅在四城门外重点设防，方法略有不同。真定城这种建置当有历史的来源。

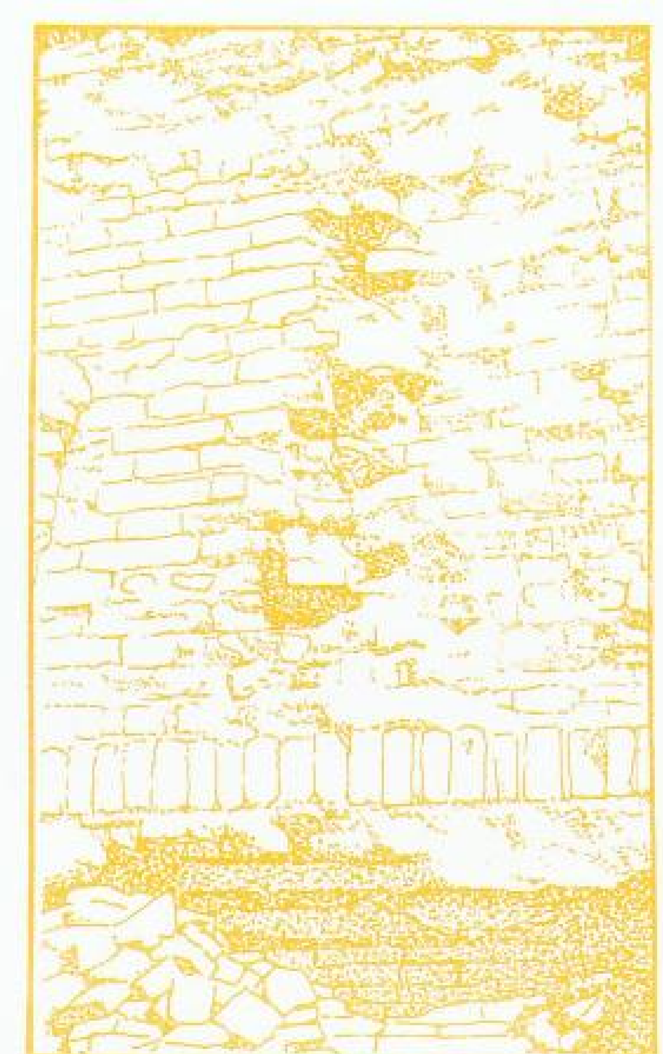


图12-10-4 （1）城外侧包砖及下面散水灰土残迹

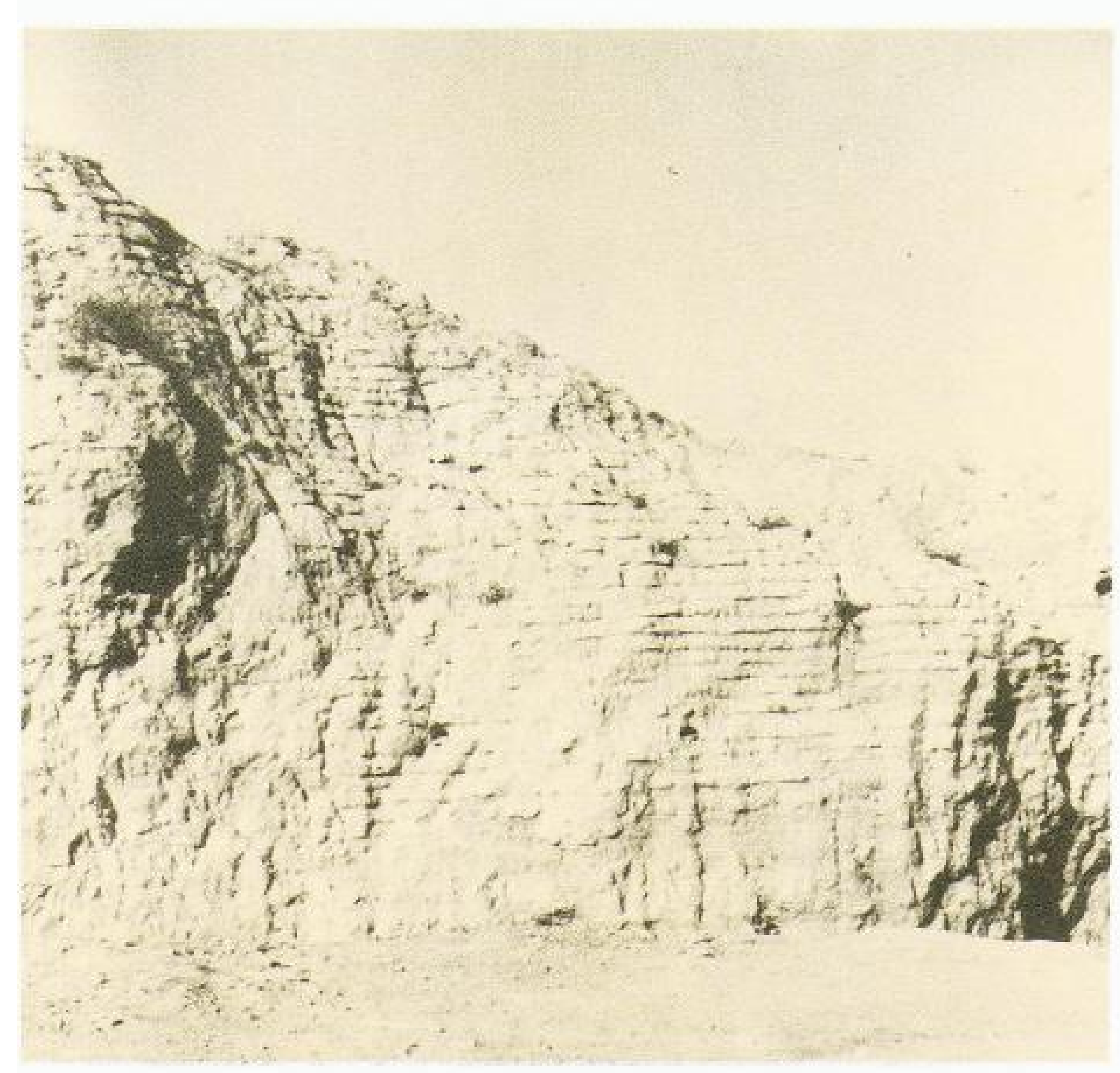


图12-10-4 （2）墙身夯土层

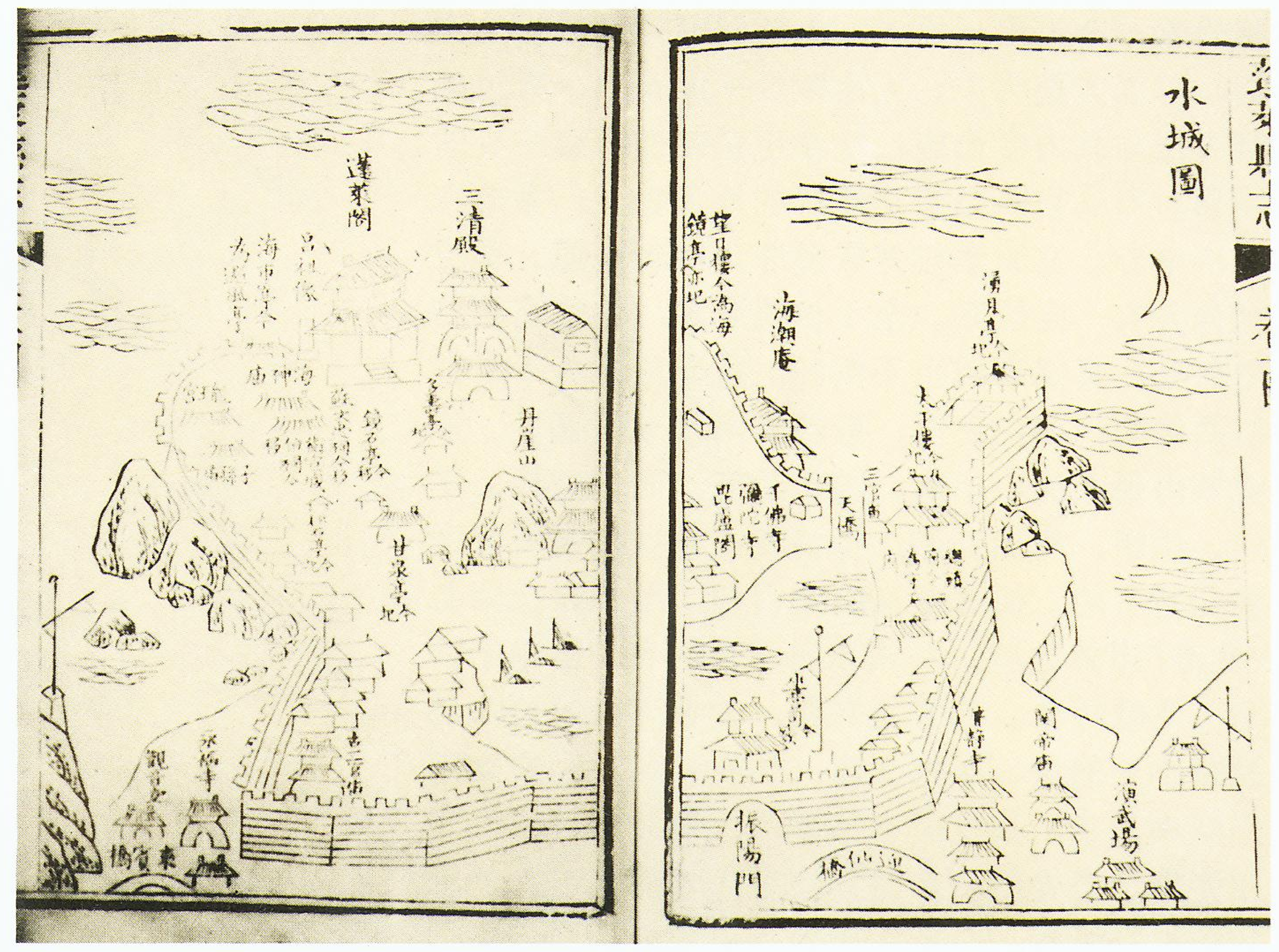


图12-11-1（1）蓬莱县志水城图



图12-11-1 （2）蓬莱县水城平面图

第十一节 蓬莱水城

蓬莱水城，在今山东省蓬莱县海滨，是我国明清两代的军事要塞。水城东连画河，西靠丹崖山，北对庙岛群岛，负山控海，形势险要（图12-11-1）。

水城的兴建和盛衰是与明清两代登州地区的政治、经济和军事形势密切相连的。

登州（即今蓬莱、长岛两县），地踞胶东半岛北部海滨，北与旅顺口遥遥相对，庙岛群岛屏障于前，地势险要，“东扼岛夷，北控辽左，南通吴会，西翼燕云，艘运之所达，可以济济咽喉，备倭之所据，可以崇保障。”[74]可见登州一地，不仅是海上交通的要冲，而且也是军事战略要地。从明朝初年起，倭寇就不断侵扰山东沿海州县，登州亦常遭劫掠。明政府为了增强防卫，于洪武九年（1376年）将登州升格为府，并且修筑水城，以抵御倭寇的侵扰。此后，明清两朝都在水城驻扎水师，拥有船舰，巡防着东自荣城县城山头，西至武定营大沽河，北至北隍城东北九十里的辽阔洋面[75]，以保卫祖国海疆的安全和海运的畅通。

1858年第二次鸦片战争以后，由于帝国主义的侵略和清朝政府的腐败无能，被迫辟登州为通商口岸，后因登州水浅，转辟烟台，登州地区的政治、经济和军事中心随之转移，水城遂失去其原有重要地位。但它作为海运港口，仍一直沿用。

水城的建筑可以分为两大部分：一是海港建筑，包括以小海为中心的水门、防波堤、平浪台、码头、灯楼；二是防御性建筑，有城墙、敌台（炮楼）、水闸、护城河以及有关的地面设施。这两部分构成了一个严密的海上防御据点，成为当时驻扎水师、停泊船舰、操演、出哨巡洋的军事基地。

港址的选择，对海港建筑有着极为重要的意义。蓬莱的海岸线，虽然长达一百二十余里，但多沙岸、滩头宽，间有岩岸，亦少弯曲。少数适于建港的海湾，因面积大，非当时的物质技术条件所能办到。唯有丹崖山下的刀鱼寨一处小海湾最为合适。首先是岸形好，这里系岩岸，退潮时，仍能保持一定的水深，不影响船舰的出入；其次，此处除需防范北风外，其他三面的风都不会对海港造成损害，海港的使用率较高；三是由于西北有丹崖山阻隔，海流到此产生回旋，能使港内免于泥沙淤塞；四是紧靠府城，陆路交通比较便利，作为商港，吞吐量较大，作为军港，则无后顾之忧；五是丹崖山是水城一带的制高点，既便于船只隐蔽，又便于控制海面情况，有利于防守；六是港湾跨度较小，易于兴建。

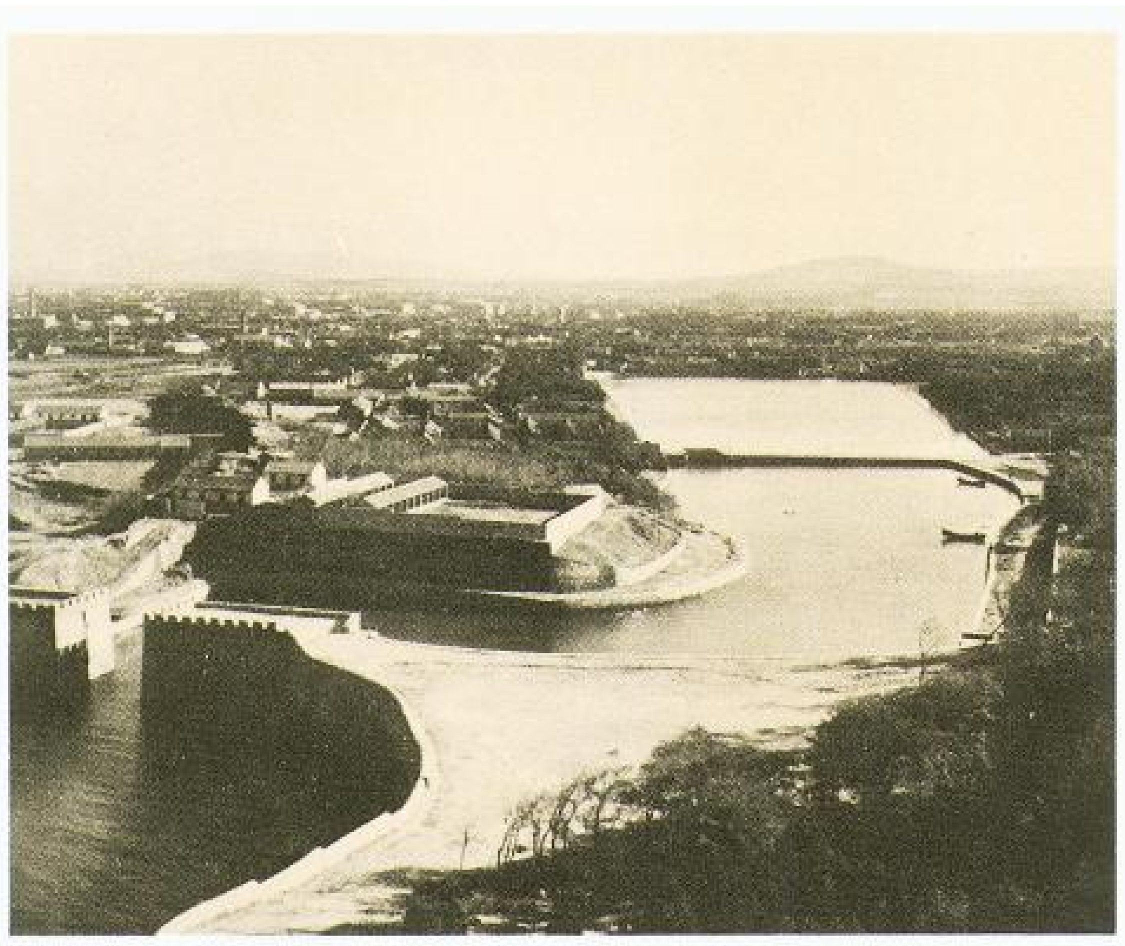


图12-11-2 蓬莱水城小海全景

水城的小海（图12-11-2）位于画河的入海处，发源于黑石山、密神山的黑水、密水、密分水，流经登州府城后，汇流为画河，沿丹崖山脚注入大海。宋庆历二年（1042年），曾在此设置刀鱼巡检，有水兵三百，戍守沙门岛（即庙岛），备御契丹，以防不虞。画河入海处，系当时停泊刀鱼战棹之所，故有刀鱼寨之称[76]。未筑水城之前，船舶多停泊在画河入海口的小小天然港湾内。明初修筑水城时，一方面巧妙地利用了这个小小的港湾，并将画河河道扩大挖深，扩建成停泊船舰的港湾——小海；另一方面，沿城南、城东开凿新河道，引画河水东流，作护城河，绕城半周，而后流入海中，为水城增加了一道防线。

小海是水城的主要部分，居于水城正中，用于停泊船舰和操演水师。小海呈窄长形，南北长655米，将水城分为东西两半。南端距南墙25米左右，北端折转向东，经水门通向大海。小海南宽北窄，为175米，北部弯曲部分较窄，仅有35米，一般宽度为100米，周长约1000米左右，约占水城总面积的三分之一。为方便东西两岸往来，在小海北半部横跨东西岸筑有一条通路，路中留有水道，上架活动桥板，便于船舰通行。

小海北端并不直通水门，而是折转向东近似90°，形成一个东西长100米、南北宽50米的弯曲迂回缓冲地带。海浪进入水门后，受到南岸码头的阻挡，被迫折转西流，徐徐进入小海。这样，尽管水门外波涛汹涌，小海海面却十分平静。由于海水的回旋，流速的减缓，随流进入水门的泥沙便沉积在水门西侧，便于疏通排除。

小海的原来深度，县府志无记载。据有关部门推算，当初小海在退潮时水深仍能保持在3米以上，载重300吨左右的船只也无须候潮出入。

水门（图12-11-3），又名天桥口，俗称“关门口”，位于水城东北隅，距东城垣仅13米，系小海通往大海的唯一通道，东西两侧筑有高大的门垛与城垣衔接。水门朝北，敞口，底宽9.4米，顶宽11.4米，深11.4米，东西门垛长分别为13米、15米，底厚11.4米，顶宽10.4米，高9.4米，下部砌石，上部砌砖。门垛的建筑，先清除基部的淤沙，直至岩层，而后用条形巨石块在岩层上开始垒砌，石缝用白沙灰填塞、粘结。门垛上宽下窄，以10：1的坡度向上砌筑。水门门垛至今得以完整保存，是与清基和砌石构筑分不开的。

防波堤（图12-11-4），俗称“码头尖”，在水门口外，沿东炮台向北伸出，南北长约80米，东西宽15米，高约2米，系由天然巨石堆积而成，涨潮时为海水淹没，退潮时部分露出海面。防波堤是一般海港建筑必具的设施，其宽度、高度和安设位置，系根据波高、波长及所需防范风向而定。水城东北缺乏天然屏障，建筑防波堤，是为了减弱来自东北方向海浪袭击的强度，并且阻挡泥沙进入港内。

平浪台，在小海北端缓冲湾的南岸，迎水门而立，北距水门51米，东与城垣衔接。平浪台系用挖掘小海所得泥沙堆成，顶平，外皮安砌石块，西北角呈弧形，南北长100米，东西宽50米，高与城齐，东北紧靠城垣，外有一宽5米的斜坡道通向码头，东侧有一敌台。平浪台系用小海北端的迂回缓冲地带南岸空地砌筑的建筑台基。上面原有建筑物是水师的驻地，以便加强水门一带的设防。平浪台的作用在于阻挡北风对小海的袭击，它和水门垛、防波堤一起彻底地解决了水城受北风袭击的缺陷，并可遮挡来自水门外的视线，保守港内秘密。

码头，是沿小海岸用石块砌起的平台，供船只停靠。小海码头宽5—10米不等，码头上设有缆绳石柱和通向小海的砌石台阶通道。这种通道宽达3米，仅北小海就有四处，用于退潮时货物的装卸和人员的上下。确定码头的标高必须超过最大潮位线，使其在最大潮位时也不致影响使用。水城码头的标高为3.2米左右，这一尺寸至今仍有借鉴价值，它是我国古代劳动人民在与大自然的斗争实践中所得出的科学数据。

灯楼，在丹崖山巅，临崖修建，六角形，高达十数米，中建扶梯，可曲折盘旋而上。楼上有灯亭，作用与灯塔同。灯楼始建于清同治七年（1868年）。今灯楼为解放后重修。

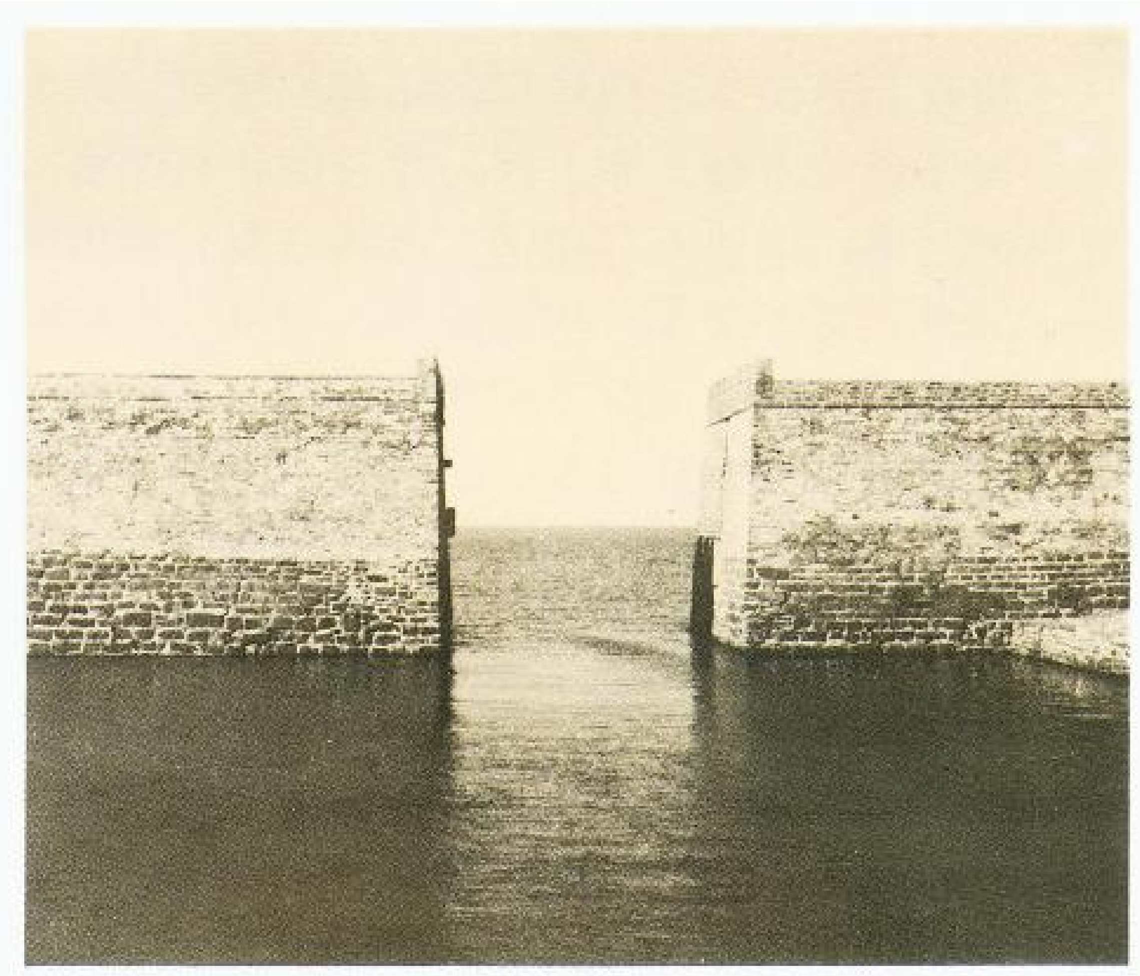


图12-11-3 蓬莱水城永门



图12-11-4 蓬莱水城防坡堤

水城城墙是为了保护海港的安全而修筑的，城墙环绕小海，充分利用了自然地形。北临悬崖，西沿丹崖山脊，仅东、南两面修筑在平地上。水城南宽北窄，呈不规则长方形，城墙各边长度不一，东城720米，西城850米，南城370米，北城300米，比府志所载长约三分之一。底厚12米，顶宽8米，高度因地势相差悬殊。北城临崖修建，城外便是数十米高的峭壁，可据险以守，无须高大城墙，因此只建矮小的城垛墙。西城虽较东、南两城为矮，因建在山脊，同样显得峻险。仅东、南两城较高，平均高度7米左右。城墙用土分层夯打，夯层厚30—40厘米不等，内外皮均用砖石包砌，由于后世修补等原因，砖石的安砌很不规律。一般是下部砌石，上部砌砖，砖石高度约在1.7米左右。城顶上有女儿墙，厚56厘米，下端每隔1.35米有一方孔，孔宽20厘米，高15厘米；上端每隔1.55米有凹形垛口，口宽55厘米，高60厘米；垛口下方每隔1.47米也有一方孔，孔宽15厘米，高20厘米。城顶近女儿墙处有宽2米的用砖铺砌的所谓“海墁”，所用明砖长40厘米，宽20厘米，厚9厘米。

水城仅有两座城门，北为水门，南为振扬门，一通海上，一通陆地，用途不一。振扬门系用砖石筑成，距城东南角仅50米，拱券顶，立砖券顶，两券两伏，门洞宽3米，深13.75米，高5.3米。城门少，是水城的特点之一，这是因为水城主要是作为军事要地，无须多设城门。城内道路稀少，仅有从城门直通平浪台的一条南北干道和横贯小海通蓬莱阁的一条小路。

敌台为万历二十四年（1596年）增筑，除南城一面不设敌台外，东、西、北三面各有三座，现仅存三座，形制不尽相同。西城一座，伸出城外5.5米，宽6.2米，高与城齐，台顶仅有垛墙而无敌楼。敌台后侧有伸向城内6.2米、宽7.4米、与城同高的建筑台基。

炮台共两座，分列在水门的东北和西北面。东炮台沿东墙向北伸出36.2米，呈长方形，东西长11米，南北宽10米，高出城墙2.5米，上筑垛墙，南面有宽1.5米、长9米的台阶以供上下，酷似一只打向海面的拳头。炮台的砌法和材料与门垛同。西炮台位于水门西北100米处，建于城外丹崖山东侧的陡坡上，伸出城外12米，宽12米，城墙开有小门道，以供进出。东西两炮台相距85米，呈犄角之势，封锁着海面，是护卫水门的两座重要设施，它和水门门垛一起构成了一个严密的防御体系。

水闸，建于清顺治年间，今已不存。从徐可先《增置天桥铁栅记》中可以知道，它是一种“外包铁叶的栅栏式水闸”，这种栅“疏其罅”，潮汐可以往还如常。水闸安设在水道两侧门垛的凹槽中，并能沿槽升降，“无事则悬之，有事则下之”[77]，今水门仍遗有当时开凿的宽33厘米、深25厘米的凹槽。

水门内的地面建筑，除了水师营地和部分市井外，庙宇甚多，它的占地面约为水城陆面的五分之一。蓬莱阁是主要建筑，规模最大，左右有飞桥式的梯路，状如两翼，颇为壮观。

水城的修筑，迄今已有六百余年，它是我国建筑较早、保存较好的海港，在我国海港建筑史上占有重要的地位。无论是港址的选择，还是港湾的开辟，无不反映我国古代劳动人民高度的智慧和才能。

第十二节 古格王国宫城

在我国西藏自治区的喜马拉雅山上，至今保存着一座一千多年前的古格王国的宫城遗址（图12-12-1）。这个宫城在城堡建筑和建筑艺术方面有着特殊的风格。

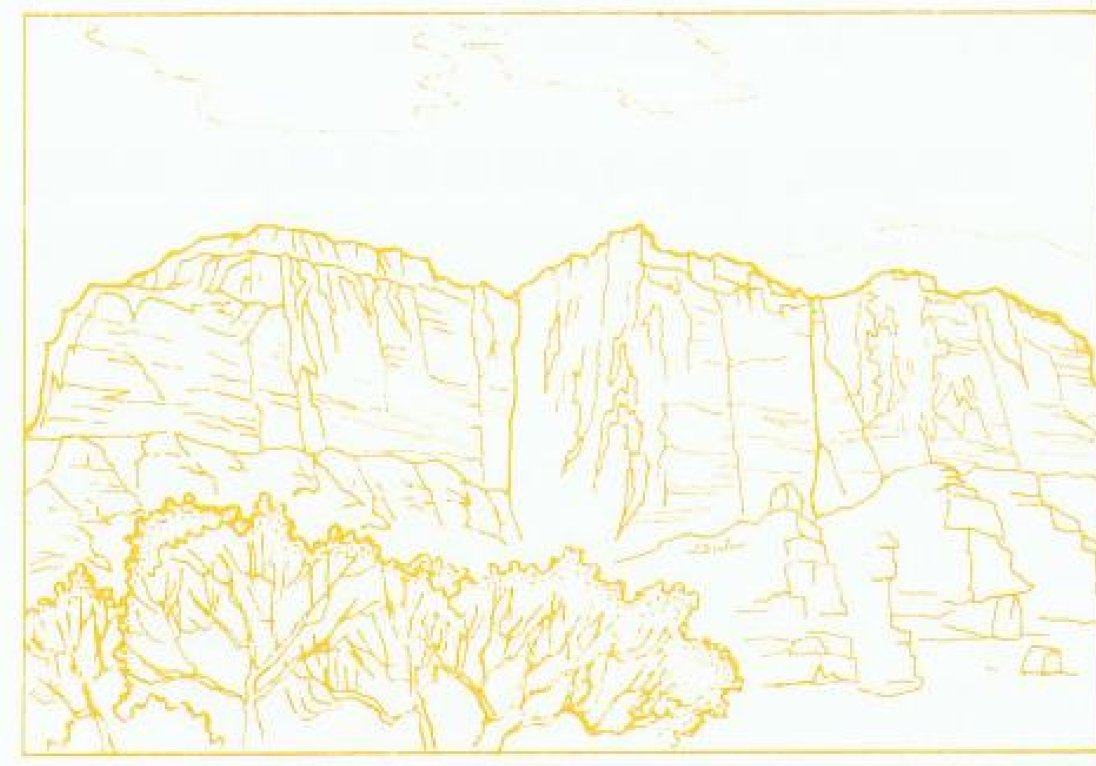


图12-12-1 古格王国宫城遗址

一 宫城建筑的历史和王国覆灭的经过

在公元七世纪唐朝的藏王松赞干布时代，在现今西藏自治区扎达县泽布兰村象泉河畔，有一支部族在这里放牧并从事农业生产，建立了一个古格王国，臣属于松赞干布之下，最后一个国王名叫觉达波。那时，由于社会安定，生产发展，王国开始扩建城堡、修建寺院，从各地请来了建筑工匠，运来了建筑材料，在山头上修建王国宫城。宫城建成后，举行盛大庆祝活动，宫城和附近各地有几万人歌舞喧天，通宵达旦。但是，由于沉缅于升平欢乐，放松了警惕，给西南方向的生巴人以可乘之机，乘王国不加防范的时候，进行突然袭击，最后把这座新建不久的王国宫城包围了起来，断绝了与外界的联系，把宫城内的人全部杀光，王国从此复灭，宫城也被摧毁。

二 宫城的形势和建筑艺术

古格王国宫城的规划设计，在我国古城中是一个比较突出的特例。它的选址很特别，位于山头之上，居高临下，气势雄壮，看去非常坚固，难以摧毁。当时西藏地区各部族经常互相攻打，这样的选址便于防御。但是，这一选址忽略了一件最大的事，就是水源和物资供应问题。平时用水要从山下象泉河中去取，粮食物资要从山下运来。当生巴人久久围困之后，宫城内水尽粮绝，坚固的宫城成了孤岛，带甲士兵饮渴疲病，无力应战，最后全部被消灭。

王国宫城耸立在高山悬崖之巅，本来的海拔已有3700米，宫城又高出地面300多米，远远望去，城垣高台耸入云天，气势更加雄伟。宫城里面有歌舞的庭院、厨房和储藏室。有国王上朝议事的大厅，祭佛的经堂，还有冬宫和夏宫等许多房屋。在经堂外面现在还残存着木雕飞檐，檐头雕作狮子、马、龙、孔雀等装饰图案。根据推断，当时檐头上悬挂着铜铃，如中原地区建筑上的檐前铁马，随风摇动，叮当作响。经堂四壁和天花板上，绘着佛教故事，裸体人像以及花草图案和狮、马、龙、象、孔雀等等。绘画技巧十分纯熟。夏宫在地面建筑顶上，已经倒塌；冬宫在地下30米，是由一排排的五间洞窟组成的。

在王国宫城的黄土山上，还发现十多个武器库，是洞窟的形式。里面还保存有火枪、竹箭、

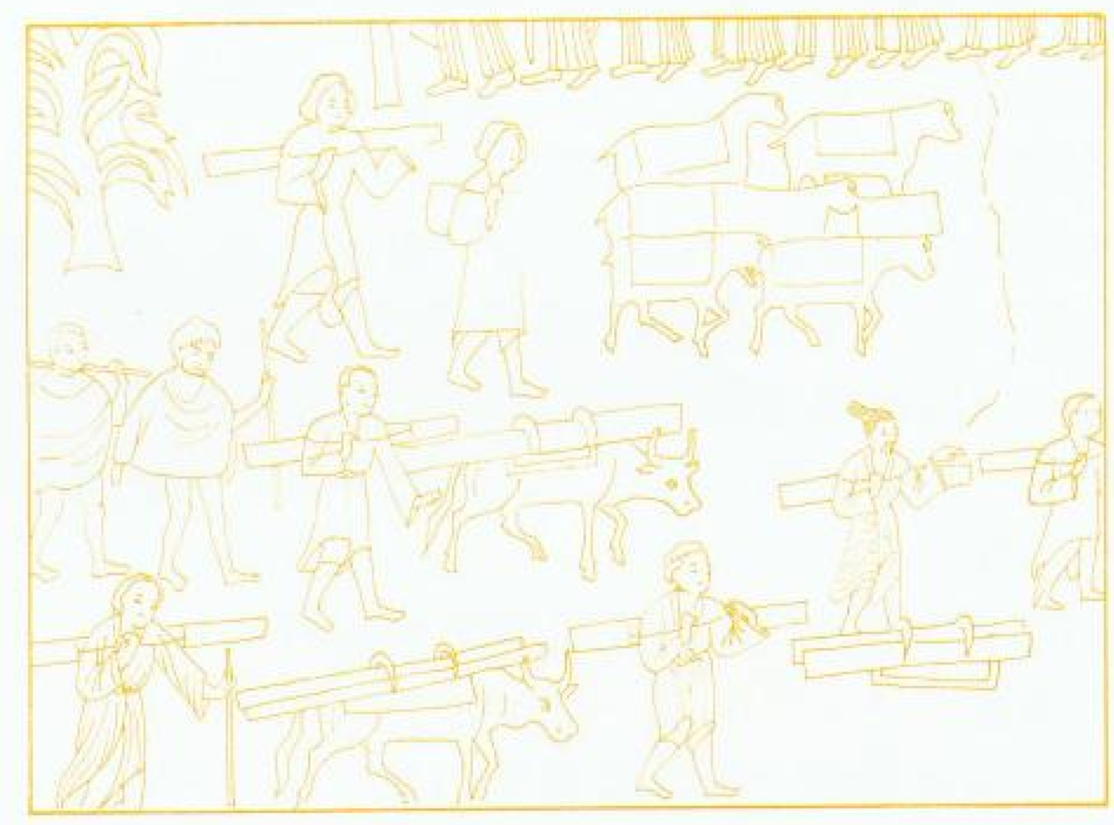


图12-12-2 古格王国宫城遗址中的壁画（建筑施工中的运木场面）

大刀、宝剑和藤条盾牌、马鞍以及火药、炊具、生产用具等。

除了王国宫城外，还有五座大的寺庙（杰巴拉康、南玛拉康、岁当昆巴、拉康嘎波、拉康玛波）。这些寺庙中都绘有壁画，还有塑像和铜像。壁画中有佛像、佛传故事，还有描绘人民生活和花草、动物等题材，是研究我国西藏地区古代历史、艺术的重要文物。

古格王国古城虽然在建成不久就被摧毁了，但它所保存的建筑、雕刻、塑像、壁画、武器和生活、生产工具等是研究一千年前我国少数民族历史和文化艺术的珍贵实物（图12-12-2）。

古格王国古城的选址由于忽略了水源、给养、接济等重要因素，致使倾城覆灭，这在城市规划史上是值得吸取教训的一个例子。

参 考 文 献

[1]见北京市规划管理局档案材料。
[2]《后汉书·张让传》。
[3]《史记·河渠书》。
[4]陕西省文物管理委员会：《唐长安城地基初步探测》，《考古学报》1958年第3期。
中国科学院考古研究所资料室：《中国科学院考古研究所1960年田野工作的主要收获》，《考古》1961年第4期，第214页。
中国科学院考古研究所西安唐城发掘队：《唐代长安城考古记略》，《考古》1963年第11期，第595页。
中国科学院考古研究所西安工作队：《唐代长安城明德门遗址发掘简报》，《考古》1974年第1期，第33页。
[5]见中国科学院考古研究所西安唐城发掘队：《唐长安城西市遗址发掘》，《考古》1961年第5期第248页。
[6]见陕西省博物馆、文管会钻探组：《唐长安城兴化坊遗址钻探简报》，《文物》1972年第1期第43页。

[7]见中国科学院考古研究所洛阳发掘队:《隋唐东都城址的勘查和发掘》,《考古》1961年第3期第127页。
[8]《元河南志》卷四,《唐两京城坊考》卷五。
[9]见河南省博物馆洛阳市博物馆:《洛阳隋唐含嘉仓的发掘》,《文物》1972年第3期第49页。
[10]见《唐两京城坊考》卷五。
[11]参看《奈良县史迹名胜天然纪念物调查报告》第25册《藤原宫》,1969。
[12]参看岸俊男《难波一大和古道略考》,该文收在《小叶田淳教授退官纪念国史论集》中,1970。
[13]参看奈良国立文化财研究所《平城发掘调查报告》Ⅱ,1962。
[14]参看京都府教育委员会《埋藏文化财调查概况·长冈宫》,1965—1973。
[15]参看京都府教育委员会《埋藏文化财调查概况·平安宫·京》,1964—1965。
[16]《东京梦华录》卷一。
[17]《宋史·食货志》。
[18]王巩:《闻见近录》。
[19]宋李清臣《重修都城记》。
[20]见郦道元《水经注》卷四十、渐江水。
[21]周密《癸辛杂识》。
[22]《吴越备史》。
[23]见秦康祥《西泠印社志稿》附编,1960年油印本。
[24]朱彭《南宋古迹考》卷上。
[25]西湖老人《繁胜录》。
[26]朱彭:《南宋古迹考》卷上。
[27]据英国伦敦邓脱公司1954年出版《马可孛罗游记》301页第五节译出。
[28]李卫《西湖志》卷十一引"曹勋临安府重建月轮山寿宁院塔记。"
[29]见《梦粱录》卷十一、卷十八。
[30]朱长文:《吴郡图经续记》卷上《城邑》。
[31]《汉书》卷四十九《晁错传》。
[32]朱长文:《吴郡图经续记》卷中《山》。
[33]见《梦溪笔谈》卷十一。
[34]朱长文:《吴郡图经续记》卷下。
[35]见1977年11月南京博物馆《文博通讯》第16期。
[36]见《宋会要辑稿》食货二;元陆友仁《吴中旧事》。
[37]实测周长18690米。见阎文儒:《金中都》,《文物》1959年第9期第8页。
[38]见《元史·世祖本纪》、《元史·地理志》及刘秉忠本传。
[39]《金史·河渠志》"漕运"条。
[40]详见侯仁之:《北京都市发展过程中的水源问题》,《北京大学学报》,1955年第1期。
[41]《续资治通鉴》卷177,宋景定三年,蒙古中统三年,秋七月及八月条。
[42]见赵翼:《廿二史札记》卷27,"元筑燕京"条。
[43]考古研究所元大都考古队:《元大都的勘查和发掘》,《考古》1972年第1期第19页。
[44]见《日下旧闻考》引《析津志》及《洪武北平图经志书》中《元大都城平面规划述略》二文。
[45]、[46]《辍耕录》卷21,宫阙制度。
[47]见《中国建筑简史》第一册,中国工业出版社,1962年版。
[48]见徐松《唐两京城坊考》卷1及附图。
[49]见孟元老《东京梦华录》卷2"御街"条。
[50]见范成大《揽辔录》。
[51]见《辍耕录》。
[52]见《辍耕录》卷21"宫阙制度"条。
[53]见《辍耕录》。
[54]《元史·刘秉忠传》。
[55]考古研究所元大都考古队:《元大都的勘查和发掘》,《考古》1972年第1期第19页。
[56]见《元史·世祖本纪》、《元史·河渠志》及郭守敬本传。各闸初建皆用木闸,武宗至大四年(1311年)改用砖石,泰定四年(1327年)改建完成。
[57]见《元史·郭守敬传》。
[58]考古研究所元大都考古队:《元大都的勘查和发掘》,《考古》1972年第1期第19页。
[59]《日下旧闻考》卷38引。
[60]见王璞子:《元大都城平面规划述略》,《故宫博物院院刊》1960年第2期。
[61]《元史·顺帝本纪》至正十九年(1359年)记事。
[62]欧阳玄:《圭斋文集》卷9,赵忠靖公马合马沙碑。
[63]参看《明成祖实录》、《明史·地理志》及清光绪《顺六府志》卷一《城池》。
[64]如成化八年(1472年)蒋贵议筑外郭城,见《明史、本传》。嘉靖二十一年(1542年)毛伯温又议筑外城。三十二年朱伯辰继续请建外城,见《顺天府志》卷1引《明典汇》。
[65]详见《世宗实录》。
[66]朱一新:《京师坊巷志稿》"旧坊附"条。
[67]清光绪《顺天府志》卷三。
[68]成化七年杨鼎乔毅奏疏,见《宪宗实录》。
[69]侯仁之:《北京海淀附近的地形、水道与聚落》,《地理学报》第16卷,1—2合期,1951年。
[70]见北京市规划局藏"北京明清时代旧沟图"。
[71]见《崇文门迤东中心台城垣宇墙并明沟及东西马道门楼等工程做法钱粮表册》。
[72]见《天桥往南至南坛门止石路一段拆修工程丈尺做法清册》。
[73]宋秦九韶《数书九章》卷一。
[74]《蓬莱县续志》卷十二艺文志,宋应昌《重修蓬莱阁记》。
[75]《蓬莱县续志》卷四武备志。
[76]《登州府志》卷二。
[77]《重修蓬莱县志》卷十三。

第十三章 园林建筑技术

概 说

我国殷周时已有了囿，当时的囿是就一定的地域加以范围，让天然的草木滋生，鸟兽繁育，还筑台掘池，是供帝王贵族狩猎游乐的场所。

秦始皇好营宫室，曾作上林苑于咸阳渭南，并在其中建阿房宫（图 13-0-1）。

汉武帝时大营宫苑，建元三年（公元前138年）把秦的上林苑加以扩建。《三辅黄图》云："开上林苑，东南至蓝田、宜春、鼎湖、御宿、昆吾、傍南山而西至长杨、五柞，北绕黄山历渭水而东，周袤三百里"。其规模之宏伟，前所未有。其中宫或观各有其功能用途：有饲养鱼鸟兽类以供玩尝的，如鱼鸟观、走马观、犬台宫、虎圈观、观象观等；有为演奏音乐唱曲的，如宣典宫；有为作乐和表演角触的，如平乐观；有为往来游乐时休息和住宿的，如御宿苑；有种植从南方来的荔枝、龙眼、槟榔、橄榄、柑桔等珍果异木的，如扶荔宫。苑内还穿凿许多池沼，其中最大的是昆明池。这座上林苑也是供帝王游猎的场所，正象《汉旧仪》所说："苑中养百兽，天子秋冬猎取之"。此苑仍继承有囿的供围猎的传统，但苑的主要内容已不是围猎，而是成为多种多样生活方式的宫室建筑了。

西汉时贵族、地主、富商也好营园囿。《西京杂记》载：梁孝王（文帝子刘武）"作曜华之宫，筑兔园。园中有百灵山，山有肤寸石、落猿岩、栖龙岫。又有雁池，池间有鹤洲凫渚。其诸宫观相连，延亘数十里，奇果异树，瑰禽怪兽毕备"。又"茂陵富民袁广汉于北邙山下筑园，东西四里，南北五里，激流水注于中。构石为山，高十余丈，连延数里。养白鹦鹉、紫鸳鸯、牦牛、青兕，奇兽怪禽，委积其间。积沙为洲屿，激水为波潮，其中致江鸥、海鹤，孕雏产鷇，延漫林池。奇树异草，靡不具植。屋皆徘徊连属，重阁修廊。行之移晷，不能遍也"。可见贵族富商的园与帝王的以宫室建筑为主并继承囿的传统之宫苑基本上无差别。仅具体而微，规模较小罢了。

从造园技术上看，汉代造山虽以土山为主，但袁广汉园中已构石为山，且能高十余丈，足见掇山技术已有新的发展，又能积沙为洲，激水为潮，在理水技术上也有创新；蓄养禽兽，主要不是供围猎，而是为了玩赏。

魏晋到南北朝三百六十多年的大混乱中，社会经济遭到大破坏，但各皇朝仍不顾人民的穷困，痛苦和生死，奢侈腐化，大营宫室苑囿和佛寺，建筑上力求豪华，穷极伎巧，功役之费，动辄以亿万计。当时地主阶级的文人士大夫追求精神上解脱，或厌世而寻求享乐，过着荒荡颓废的生活，或遁世而讲求超脱，过着隐逸生活，陶醉于自然。后者反映到造园上，以山水为主题的自然山水园囿有了发展，如北魏张伦在宅园中造景阳山，有若自然。《洛阳伽兰记》记述了其规模："重岩复岭，嵚崟相属，深溪洞壑，逦逶连接。高林巨树，足使日月蔽焉。悬葛垂萝，能令风烟出入。崎岖石路，似壅而通，峥嵘涧道，盘纡复直。是以山情野兴之士游以忘归"。

史籍上，北朝著称的苑有后魏的华林园。《魏书·茹皓传》载，茹皓在园中"为山于天渊池西，采掘北邙及南山佳石，徙竹汝颍，罗莳其间，经构楼观，列于上下。树草栽木，颇有雅致"。还有后燕慕容熙的龙腾苑："广袤十余里，役徒二万人，起景云山于苑内，基广五百步，峰高十七丈"（《晋书·慕容熙载记》）。

南朝著称的苑，在建康有华林园、乐游苑等。齐武帝（萧赜）之子"开拓元圃，园与台城北堑等，其中楼观塔宇，多聚奇石，妙极山水"（《南齐书·文惠太子传》）。湘东王（萧绎）在江陵"于子城中造湘东苑，穿池构山，长数百丈。植莲蒲缘岸，杂以奇木。其上有通波阁跨水为之。临水斋，斋前有高山，山有石洞，潜行宛委二百余步。山上有阳云楼，楼极高峻远近皆见"（《渚宫故事》）。

上述诸园，概括起来看，不仅构石筑山，还要能表现出重岩复岭、深溪洞壑的山景，达到有若自然的境界，表明当时对自然山水的艺术认识有所提高，同时土木石作技术也达到相当高的水平。

隋炀帝杨广迁都洛阳时，每月役丁二百万人营造东京，穷奢极侈地大造宫殿、苑囿，苑中以西苑最为宏丽。《隋书》："西苑周二百里，其内为海周十余里，为蓬莱、方丈、瀛洲诸山，高百余尺。台观殿阁，罗络山上"。《大业杂记》与《海山记》有更详细的记载，计苑内造十六院，庭内植名花，海北有龙鳞渠，屈曲周绕十六院复入海。十六院，每院开西、东、南三门，门并临龙鳞渠。渠面阔二十步，上跨飞桥。此外还有许多游观之处，从中可以大体得知西苑的布局是以山、湖与十六院为基础的。

西晋以来盛行选天然风景胜区，稍加整理布置成自然园林。例如西晋石崇的金谷园，其只及山间池沼，众果竹柏之胜，不及其他。

南朝的宋、齐、梁、陈，皆以建康（今南京）为都城。在这山川灵秀的都城，除帝王贵族富室的苑囿不断营造外，宋文帝（刘义隆）又整修玄武湖（后湖）。元嘉二年（公元 445 年）复修东晋时已立的堤，南抵城东七里的白塘以壅蓄山水，湖面自然辽阔，成为一个风光优美的自然园林。

唐朝著称的自然园林较多，其中王维的"輞

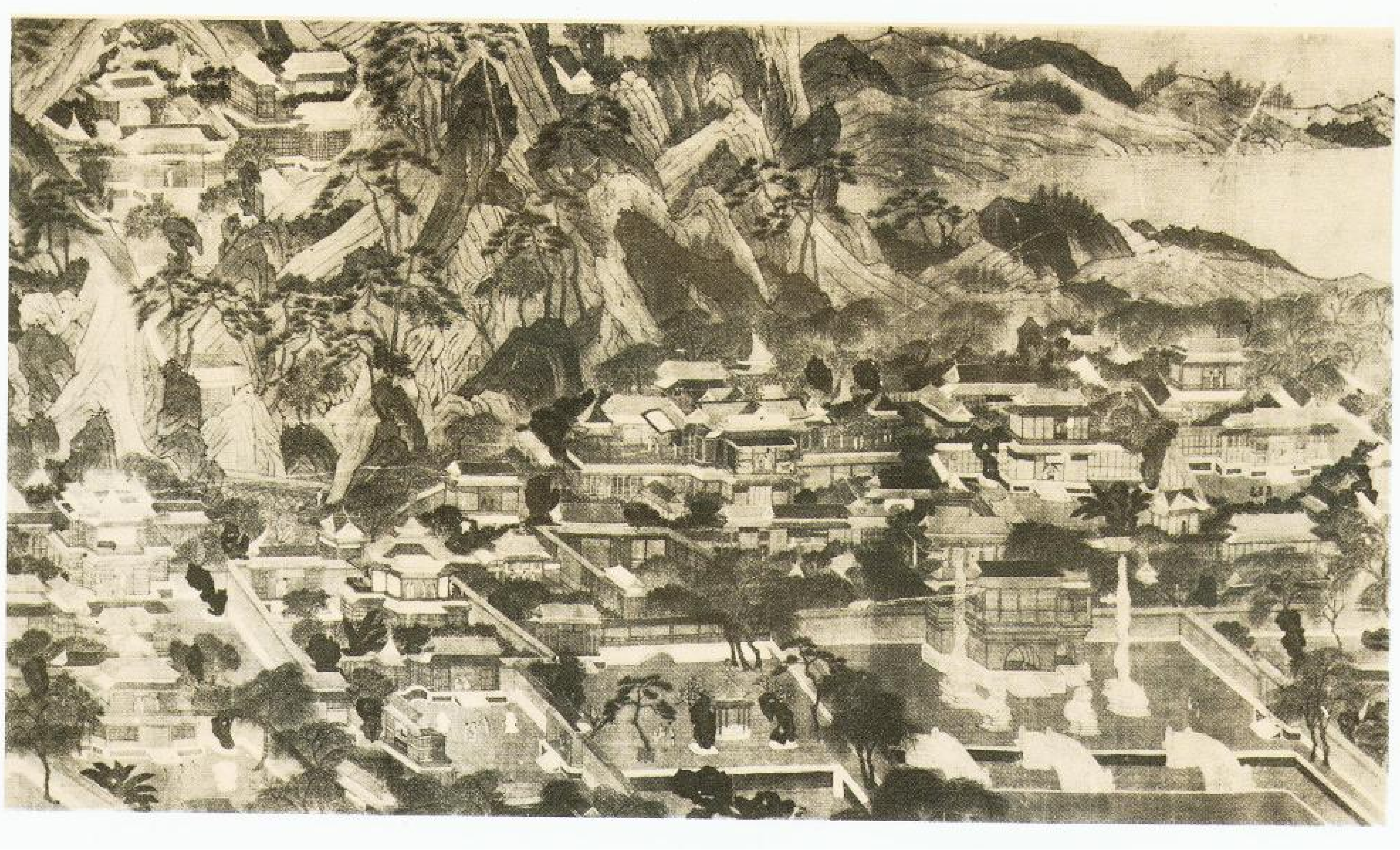


图13-0-1　秦阿房宫图（摹自明画）

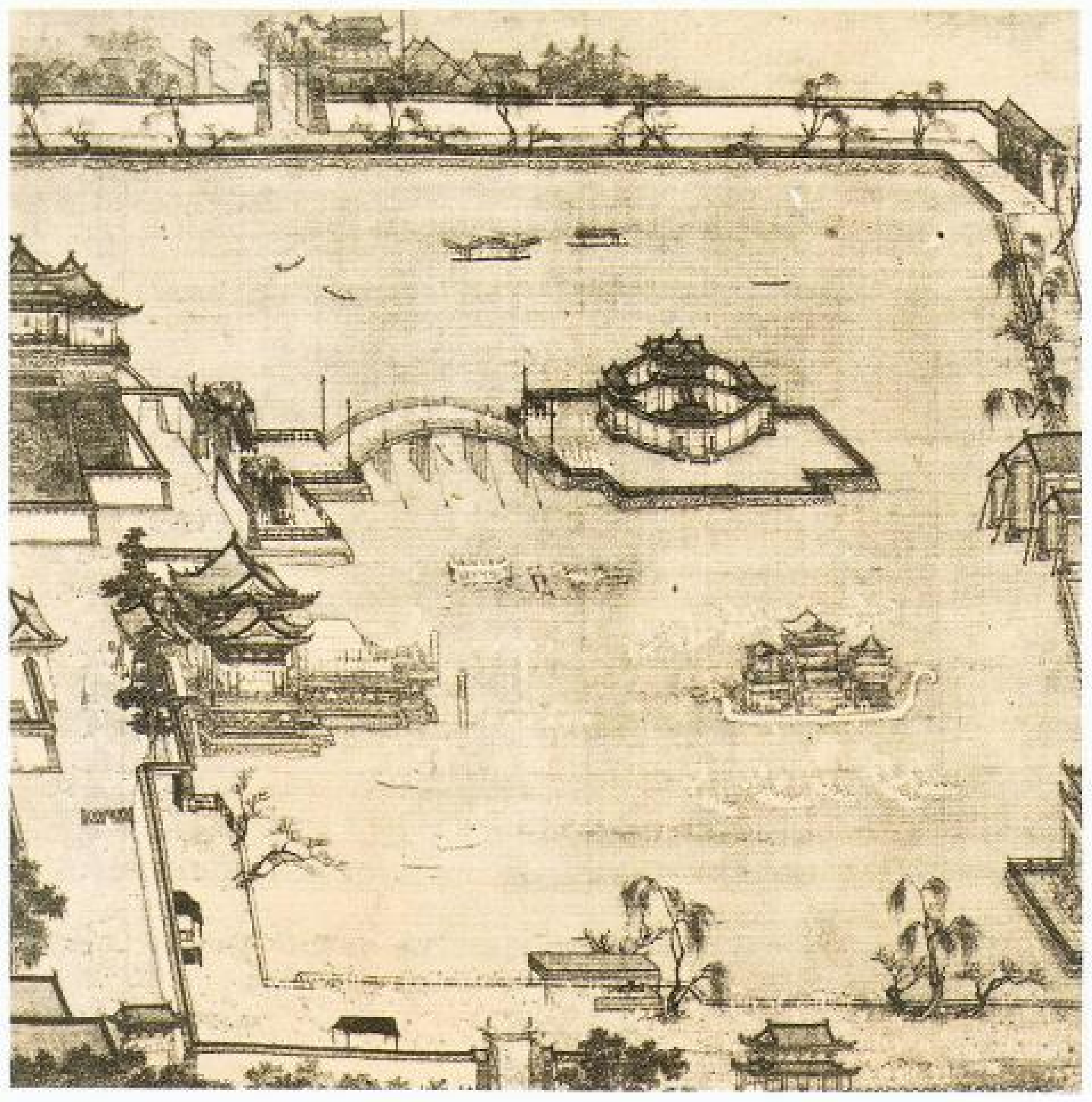


图13-0-2 宋画金明池夺标图

川别业”最为著名，这是一座在长安东南郊山区中的庄园式别墅，利用自然风景，设立风景点二十处，以天然山水景色为主，人工构筑较少。

唐宋的官僚和士大夫、文人，因对都市的繁华生活有所厌倦，莫不向往田园化的生活。身居城市而欲闹处寻幽，于是在宅旁屋后，辟地葺园，或在都城近郊置别业，仿佛城市山林。如唐长安南郊，以至樊杜数十里间，公卿园地布满川陆。而李荐《题洛阳名园记》中讲到：“唐贞观开元之间，公卿贵戚开馆列第于东都（洛阳）者，号千有余邸”，可见当时盛况。

宋东京汴梁，建有大量官僚私园（见《东京梦华录》记载）。而西京洛阳诸园见于《洛阳名园记》者，多半是就隋唐旧园葺改而建立的，间有新筑，各有其特点和擅胜。或以古木大松景物苍老见胜，例如松岛为自唐已传三世之园，园中有百年松树，又如苗帅园也有古树、巨竹、大松三处；诸园中或以水景见胜，又如董氏东园，“西有大池，中为堂，榜之曰含碧，水四面喷泻池中而阴出之，故朝夕如飞瀑而池不溢”。有以溪湖水景取胜的，如环溪，在环水之中，布列榭楼厅堂，如湖园以大湖为全园的主景，洲上有堂，是全园的主要建筑，周湖建置堂亭；或园本身无特色，以借景而著的，如丛春园有“丛春亭出荼蘼架上，北可望洛水。盖洛水自西汹涌奔激而东，天津桥者垒石为之，直力蓄其怒而纳之于洪下，洪下皆大石，底与水争，喷薄成霜雪，声闻数十里”，借景于斯而名著。

北宋宫苑在东京有琼林苑、金明池（图13-0-2），迎祥池、玉津园及东御园等苑囿，为帝王游乐之所。宋徽宗赵佶，先后修建的宏伟宫室如玉清和阳宫（1113年），延福宫（1114年），上清宝箓宫（1116年），葆真宫（1119年）等都附有内苑。《宣和遗事》：玉清和阳宫葆和殿“前种松、竹，后列太湖之石，引沧浪之水，陂池连绵，若起若伏，支流派别，萦行清泚，有瀛洲、方壶、长江、远渚之兴”。延福宫中“楼阁相望，引金水天源河，筑土山其间，奇花怪石，岩壑幽胜，苑若生成”。

政和七年（1117年）始筑万岁山，役民夫百千万，掇山置石，引水凿池，其中亭阁楼观的建造，奇树异石的布置，费六年功夫才初步落成，此后十余年中，仍不断搜集四方奇花异石，充实其中。万岁山名艮岳，山成，又更名寿山，后人就连称为“寿山艮岳”。艮岳完全是为“放怀适情，游心玩思”而创作的山林胜景，是以体现山水为主题的宫苑。《宋史·地理志》：“山周十余里，其最高一峰九十步，上有介亭，分东西二岭，直接南山”。这是山形立局概要。

列障如屏的寿山，有梁下入雁池。池水出为溪，行岗脊两石间，往西与方沼、凤池相通，即收而为溪，又放而为池。瀑布、池、溪、山涧连接构成艮岳的水系。这个人工瀑布的技术，据蜀僧祖秀《华阳宫纪事》中云：“又得紫石，滑净如削，面径数仞，因而为山，贴山车立，山阴置木柜，绝顶开深池。车驾临幸，则驱水工登其顶，开闸注水而为瀑布”。

从造景来说，艮岳是双岭分赴的山景区，艮岳东麓，植梅万计，又构堂轩，是以梅花取胜的景区。艮岳之西有药寮，即药用植物区，西庄是农田村舍区。历代帝王往往在游心玩思的别苑中，辟农田村舍，借以表示重农，达到笼络民心巩固统治的作用。白龙渊、濯龙峡是溪谷景区。雁池、方沼、凤池连成湖沼平原景区。在不同景区，随着不同地势和功能要求，布列建筑，有景可眺和可歇处必有亭；池中有洲，洲上建亭堂；或依山岩之势作楼，如绛霄楼；或结构山根如绿萼华堂；或半山起楼如倚翠楼。万松岭为夷平之势，下为平原，于是上下设关隘以增险势。综观艮岳的亭阁楼观建置，无一不从造景出发，随形而设，布列上下，是造景的产物。

叠石构洞技巧，宋时已有独到的特点。祖秀《华阳宫纪事》云：造碧虚洞天，石山环之。开三洞为品字门，以通前后苑”，这样既是山洞又是通道。《癸辛杂识》前集：“万岁山大洞数十，其洞中皆筑以雄黄及卢甘石。雄黄则避蛇虺，卢甘石至天阴能致云雾，滃郁如深山穷谷”。

独立特置峰石，《南史》已有记载，“（梁武）到溉居近淮水，斋前山池，有奇礓石，长丈六尺”。这是特置峰石的最早记载。“唐时，白乐天在杭州得天竺石一，在苏州得太湖石五，置里弟池上”（《旧唐书》）。特置湖石至宋为甚。艮岳中是多不胜数的，如祖秀《华阳宫纪事》所述：“于西入径，广于驰道，左右大石皆林立，仅百余株，以神运昭功敷庆万寿峰而名之。独神运峰广百围，高六仞，赐爵盘固侯，居道之中，束石为亭以庇之。其他轩榭庭径，各有巨石，棋列星布，并与赐名”。记中列出赐名的湖石就有数十余块。为了搜罗这些花石，特命朱勔“取浙中珍异花木竹石以进，号曰花石纲。专置应奉局于平江，所费动以亿万计。斫山辇石，虽江湖不测之渊，力不可

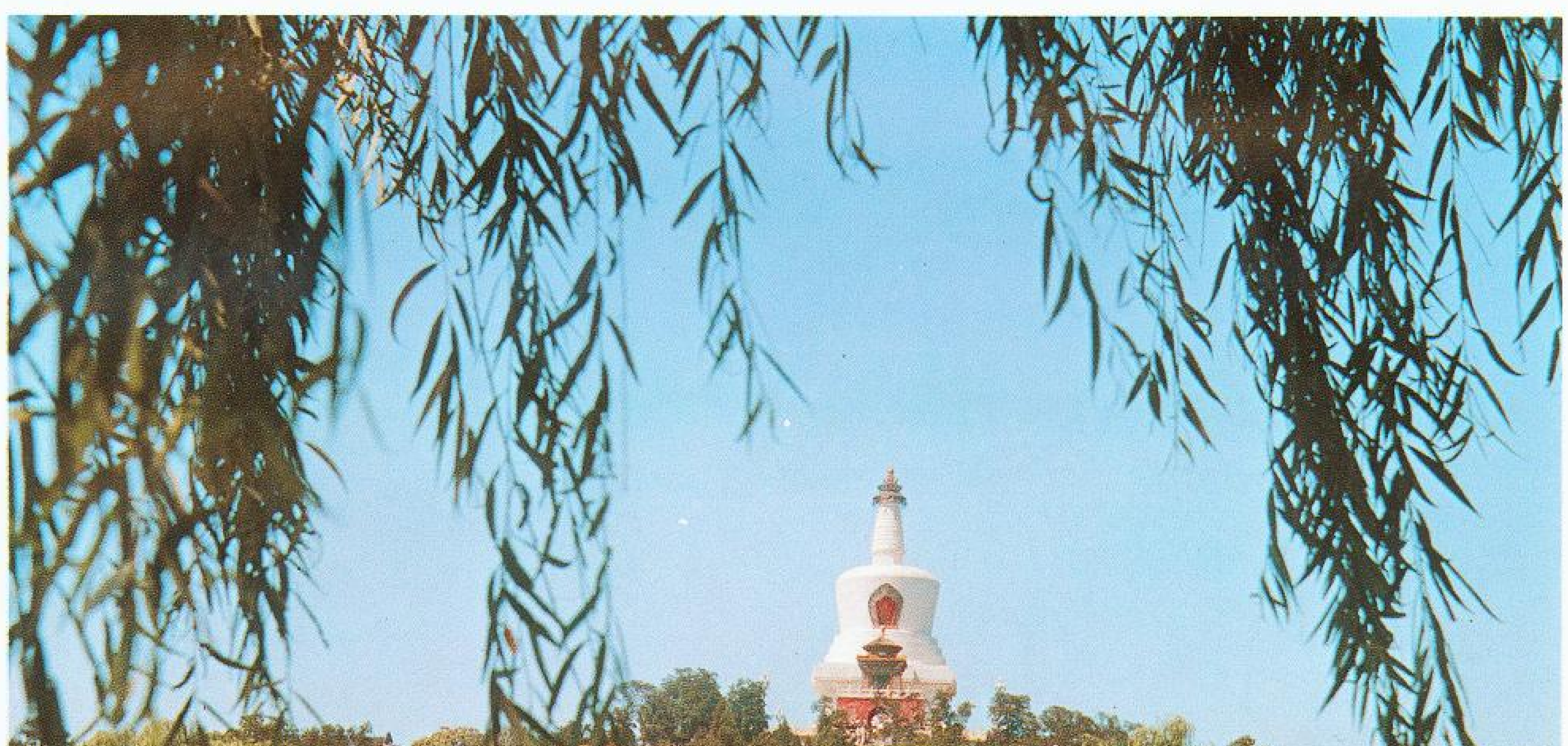


图13-0-3 （1）北京北海及琼岛平面图

1.团城；2.琼岛；3.濠濮涧；4.画舫斋；5.船坞；6.蚕坛；7.静心斋；8.天王殿；9.九龙壁；10.澂观堂；11.阐福寺；12.万佛楼；13.小西天

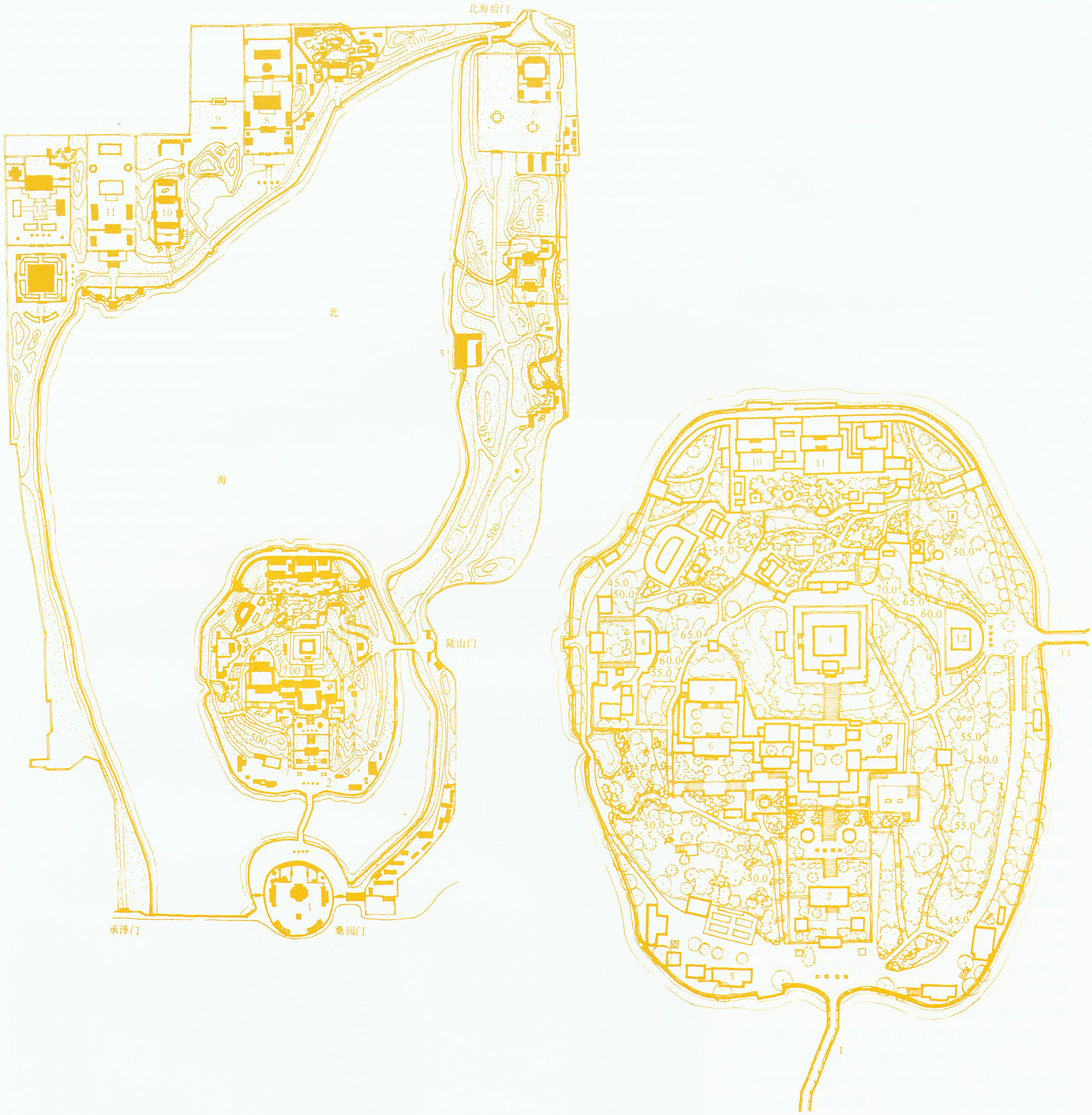


图13-0-3（2）北京北海琼岛

1.永安桥；2.永安寺；3.正觉殿；4.白塔；5.双虹榭；6.悦心殿；7.庆宵楼；8.琳光殿；9.阅古楼；10.远帆阁；11.漪澜堂；12.智珠殿；13.陟山桥

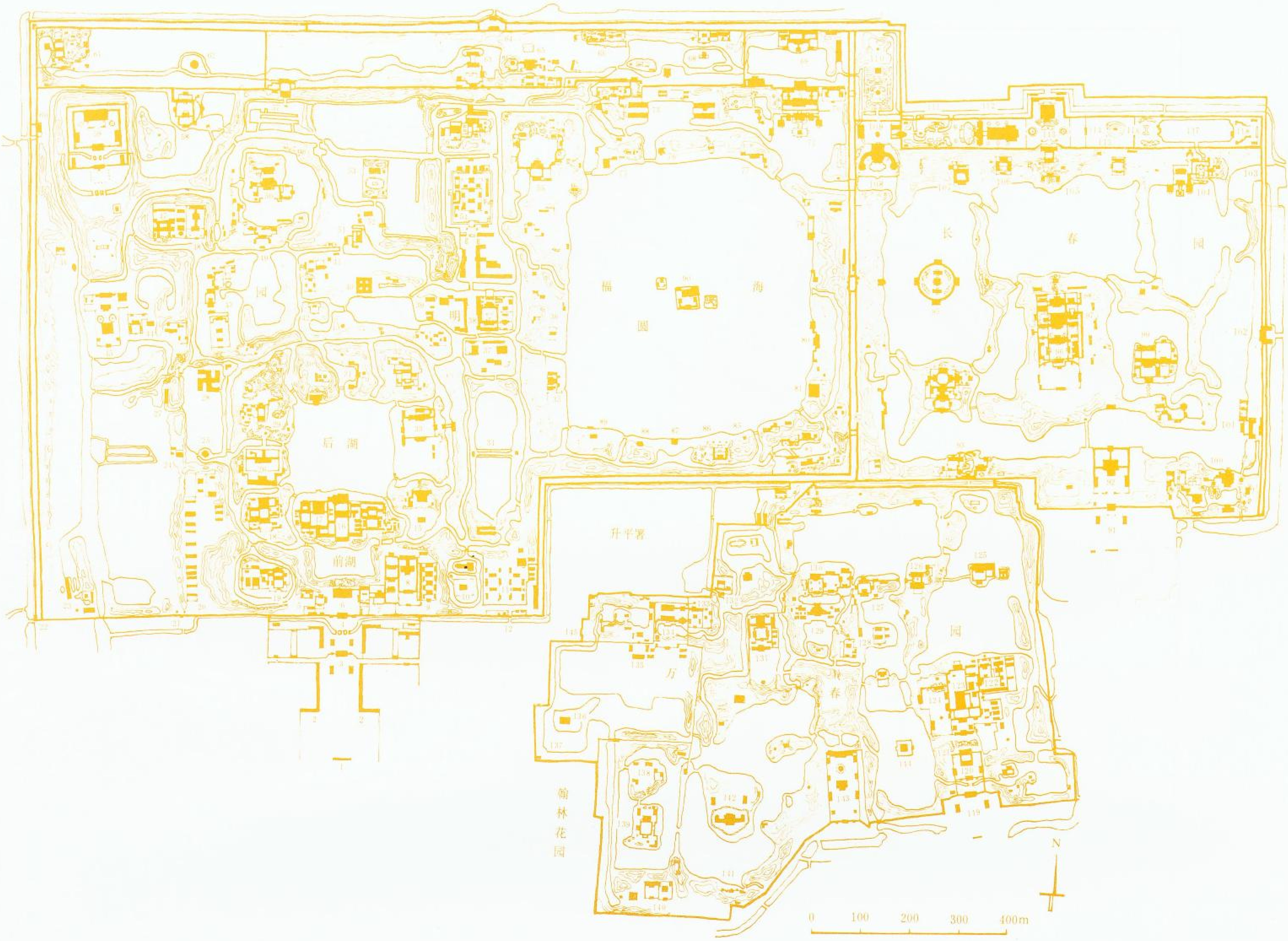


图13-0-4 北京圆明园、长春园、万春园平面图

圆 明 园

1.照壁;2.转角朝房;3.圆明园大宫门;4.出入贤良门;5.翻书房茶膳房;6.正大光明殿;7.勤政亲贤殿;8.保合太和殿;9.吉祥所;10.前垂天贶;11.洞天深处;12.福园门;13.如意馆;14.南船坞;15.缕月开云;16.九洲清晏殿;17.慎德堂;18.茹古涵今;19.长春仙馆;20.十三所;21.西南门;22.藻园门;23.藻园;24.山高水长;25.文昌阁;26.坦坦荡荡;27.西船坞;28.万方安和;29.杏花春馆;30.上下天光;31.慈云普护;32.碧桐书屋;33.天然图画;34.九孔桥;35.澄虚榭;36.延真院;37.曲院荷风;38.同乐院;39.坐石临流;40.澹泊宁静;41.多稼轩;42.天神坛;43.武陵春色;44.法源楼;45.月地重居;46.刘猛将军庙;47.日天琳宇;48.瑞应宫;49.汇万总春之庙;50.濂溪乐处;51.柳浪闻莺;52.水木明瑟;53.文源阁;54.舍卫城;55.廓然大公;56.西峰秀色;57.菱荷香;58.汇芳书院;59.安佑宫;60.西北门;61.紫碧山房;62.顺木天;63.鱼跃鸢飞;64.大北门;65.课农轩;66.若帆之阁;67.清旷楼;68.关帝庙;69.天宇空明;70.蕊珠宫;71.方壶胜境;72.三潭印月;73.大船坞;74.安澜园;75.平湖秋月;76.君子轩;77.藏密楼;78.雷峰夕照;79.明春门;80.接秀山房;81.观鱼跃;82.碌油门;83.秀清村;84.别有洞天;85.南屏晚钟;86.广育宫;87.夹镜鸣琴;88.一碧万顷;89.湖山在望;90.蓬岛瑶台

长 春 园

91.长春园大宫门;92.澹怀堂;93.倩园;94.思永斋;95.海嶽开襟;96.含经堂;97.淳化斋;98.蕴真斋;99.玉玲珑馆;100.茹园;101.建园;102.大东门 103.七孔闸;104.狮子林;105.泽兰园;106.保香寺;107.法慧寺;108.偕奇趣;109.储水楼;110.万花阵;111.方外观;112.海宴堂;113.远瀛观;114.线法山正门;115.线法山;116.螺丝牌楼;117.方河;118.线法墙

万 春 园

119.万春园大宫门;120.凝晖殿;121.中和堂;122.集禧堂;123.天地一家春;124.蔚藻堂;125.凤麟洲;126.涵秋馆;127.展诗应律;128.严庄法界;129.生冬室;130.春泽斋;131.四宜书屋;132.假表盘;133.延寿寺;134.清夏堂;135.含晖楼;136.流杯亭;137.运料门;138.绿满轩;139.畅和堂;140.河神庙;141.点景房;142.沉心堂;143.正觉寺;144.鉴碧亭;145.西爽村门

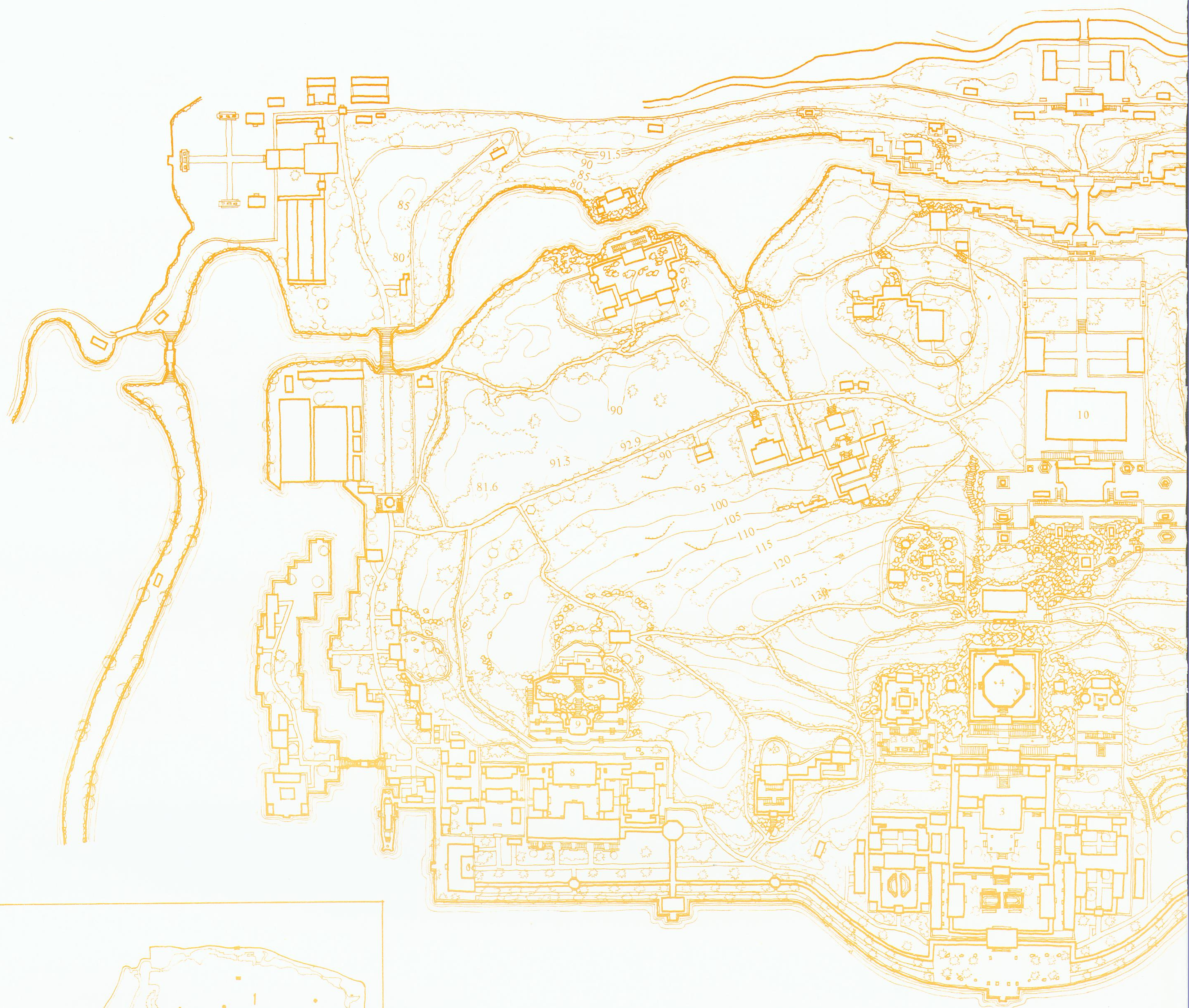


图13-0-5　北京颐和园万寿山平面图

1.东宫门；2.仁寿殿；3.排云殿；4.佛香阁；5.乐寿堂；6.玉澜堂；7.德和园；8.听鹂馆；9.画中游；10.须弥灵境；11.北宫门；12.景福阁；13.谐趣园；14.知春亭；



1. 万寿山　2. 昆明湖
3. 南　湖　4. 西　湖
颐和园总平面图


91.2
94.3
90
80
92.9
90
12
13
125
120
115
110
100
95
90
85
80
5
7
6
2
1

致者百计以出之。至名曰神运，舟楫相继，日夜不绝”（张淏《艮兵记》）。可见当时采石、运石扰民之甚。

南宋偏安江南，苑囿与私园兴作频繁。临安城（杭州）的御苑有玉津园、富景园、聚景园等，沿湖还有许多官僚、贵族的园林。周密的《吴兴园林记》则记述了南宋时吴兴的园林盛况。

辽在南京析津府即今天北京的北海地方，辟瑶屿行宫，金时修大宁宫于此。1163年开挑海子称金海，运来艮岳的奇石，堆叠琼华岛，栽植花木，营构瑶光殿，作为游幸之所。元世祖忽必烈建王城的大都时，因琼华岛适在禁中，改名万岁山，金海改名太液池。《辍耕录》云：“中统三年（1262年）修缮之，其山皆以玲珑石叠垒，峰峦隐映，松桧隆郁，秀若天城。引金水河至其后，转机运斗汲水至山顶，出石龙口，注方池，伏流至仁智殿后，有石刻蟠龙，昂首喷水仰出，然后东西流，入于太液池”。万岁山上殿屋虽依山而筑，因在禁中，仍左右对称，中顶广寒殿，东顶荷叶殿，西顶温石浴室，半山三殿并列。

明朝曾加修治，扩至中、南海，总称西苑。当时池东、北、西三岸，建筑较稀疏，有的殿亭用草顶，朴素自然。迄清代，尤其乾隆年间，亭馆楼殿，恣意填充，兴作日繁。除重修或增筑山四面的亭阁楼台外，又在东岸丘阜连绵山坞曲坳间，穿地叠石，建亭筑榭，构成濠濮涧，画舫斋等自成一局的园中之园；北岸修静心斋和天王殿、琉璃阁、澂观堂、阐福寺、万佛楼等殿堂梵宇，形成今日北海的规制（图13-0-3）。

清代大量兴建苑囿，尤以乾隆时为最盛。著名的有承德避暑山庄和北京西北郊的三山五园（万寿山清漪园，玉泉山静明园，香山静宜园、圆明园、畅春园），其中又以圆明园规模最大。

圆明园始建于雍正作皇太子时（1709年）。乾隆时不断有所新筑，增景区十余处以及安佑宫、安澜园、文渊阁等大型建筑。此后经嘉庆、道光还续有新建和修缮。长春园与圆明园并列而居其东，大抵从乾隆十四年（1749年）始建到三十五年（1770年）落成，其中有仿西洋建筑者。长春园之南有万春园，同治前称绮春园。乾隆时圆明、长春、万春号称三园，由圆明园总管大臣统辖，后人就将长春、万春园中景物亦统称在圆明园内（图13-0-4）。

圆明园的平面布局，令人想及隋代西苑。前湖、后湖地位可比隋代西苑的海，但缺三神山。水渠四引，屈曲周绕，辟出以后湖为中心的景区，以及其东、西、北的景区数十处。圆明园东部的福海区，海中筑山，上有蓬岛瑶台。以福海为中心，溪涧四引，辟出近二十景区。总之，圆明园的创作，能巧妙地利用泉源丰富这一优越条件，泉山四引，以有收有放的溪涧湖池的方式辟出近百境域，足见匠心运用之妙。浚池引溪时，因高就深，傍山依水，相度地宜，构结亭榭，随势组合，随景而设，从而构成了宏伟壮丽的圆明园。

近百境域，各有其构景异宜。或背山面水，如“上下天光”、“镂月开云”、“平湖秋月”等；或左山右水，如“柳浪闻莺”、“涵虚朗鉴”、“接秀山房”；或前有山障后临涧水，如“湖山连望”、“一碧万顷”、“南屏晚钟”等；或山岗环抱，仿佛盆地，如“武陵春色”、“廓然大公”之南部等；或面湖临溪以水取胜，如九孔桥，“澹泊宁静”、“汇芳书院”、“方壶胜镜”等；或更以叠石构湖，委曲相通见胜，如“杏花春馆”、“紫碧山房”、“廓然大公”、“三潭印月”等。当然，同是左山右水，也还不同，各有其独特之处。景以境出，景物的丰富变化都要从不同的境界产生。

长春园中的谐奇趣是法国人设计监造第一个大水法（人工喷泉），完成于乾隆十二年（1747年），水源自西北角的储水楼进入。方外观东为面西的海晏堂，堂前有大喷泉，两侧列有十二生肖喷泉。再东为坐北朝南的远瀛观，筑高台上，台前为大水法，中为花式水池，左右为圆形池，池心立宝塔状喷水结构物。这组西式宫殿建筑，全部用旱白玉石砌成，雕刻粗细，建筑风格为意大利巴洛克式。但屋顶往往用琉璃瓦，墙面嵌有彩色玻璃花砖，甚或屋顶有采用庑殿式的。这组西式建筑和水法，无非出于猎奇，带有中西混合的意味。这座华丽壮观的圆明园在咸丰十年（1860年）十月为英法等八国联军入侵所焚毁，现尚存西洋楼的石构件残迹。

颐和园所在地早在金、元时已是郊野胜区。1151年，金海陵王在此建造行宫。当时山名金山，后掘得古石瓮，改名瓮山。元朝郭守敬督开河道，引昌平一带泉水至瓮山下，汇为瓮山泊（又有大湖泊、西湖、西海等别称）。明武宗朱厚照在湖滨作别苑“好山园”。1750年乾隆就明时圆静寺基址改建为报恩延寿寺，瓮山改名为万寿山。为解决京城宫中用水，深浚湖身，导玉泉诸泉汇注成为洋洋巨浸的昆明湖，经长河积水潭至北海、中南海。同时经营全区，前后十多年，于1761年落成，名清漪园。1860年它和圆明三园同一命运，遭受焚毁几大半。光绪十年（1884年），慈禧（那拉氏）挪用建兵舰练海军的民脂民膏，兴工修复，并改名颐和园。这笔修建费，估计约达八千多万两银子。光绪二十六年（1900年）颐和园又一次遭到英法等八国联军野蛮摧毁。1903年慈禧从西安回北京，复拨款修复仅能完成前山部分，即今日的颐和园（图13-0-5）。

颐和园地形自有高低起伏，万寿山巍然矗立，昆明湖千顷汪洋，湖光山色，相互辉映，山区依势建筑亭阁楼台，长廊轩榭，构成园中之园数十处；湖区筑有长堤洲岛，分划水面，以增景深与变化。

颐和园修复后，前山为壮丽的建筑群集中区，有明显中轴线，即经排云门、佛香阁直达山顶的智慧海，层层上登。崇台左右，各依势筑有石山邃洞，东部洞顶，上建敷华亭，左通转轮藏；西部洞顶，上建撷秀亭，右通宝云阁。阁为重檐歇山顶，其栋、梁、柱、瓦、窗格均用铜铸，通称铜亭。轴线左右上下因势而筑，各组建筑，有轩有斋，有亭有厅。轩斋一类可以小住，如养云轩，福荫轩，石松巢，圆朗斋，写秋轩等，其组合莫不着眼借景、构景，富于变化。例如福荫轩区，东口叠石构洞门，穿洞经曲廊通至轩室内。轩为舒卷式，斜筑，前廊曲线形，有凹有凸，立点不同，视景也不同。“意迟云在”，为一四敞建筑，阔三间，歇山卷棚顶，人称厅或榭，实为一亭。四周林木茂密，亭后叠石如山障，亭前山石散点，四角有小组山石称抱角。西部有湖山真意亭，西眺玉泉山塔景，正在西柱之间，天然成一框景。前山山麓临湖，建有长廊，全长935米（图13-0-6）。

湖区渺弥辽阔，由西堤隔为昆明湖和西湖。



图13-0-6 北京颐和园长廊

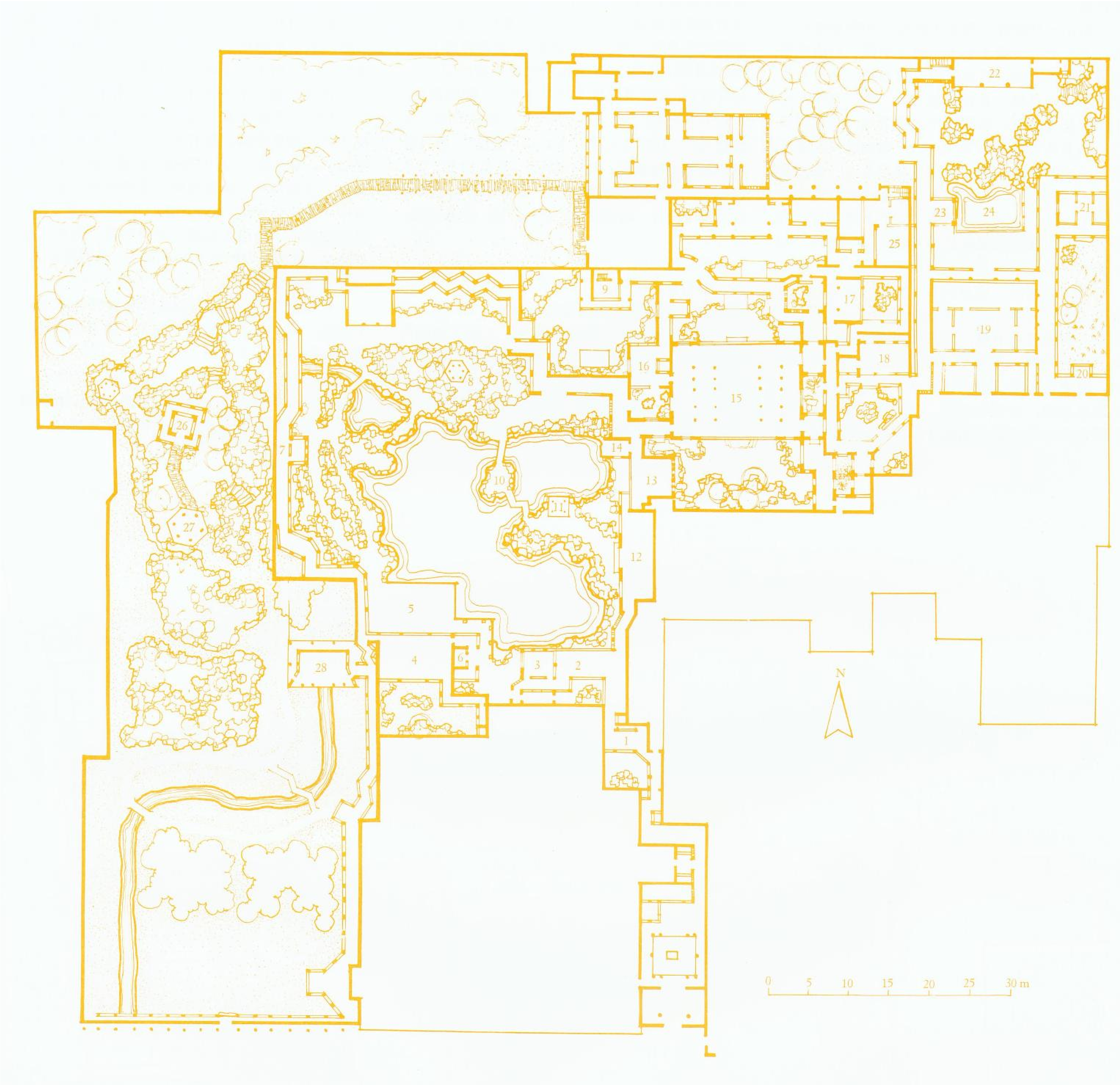


图13-0-7 苏州留园平面图

1.门厅；2.古木交柯；3.绿荫；4.涵碧山房；5.凉台；6.明瑟楼；7.闻木樨香轩；8.可亭；9.远翠阁；10.小蓬莱；11.濠濮亭（钓鱼台）；12.曲溪楼；13.西楼；14.清风池馆；15.五峰仙馆（楠木厅）；16.汲古得绠处；17.还我读书处；18.揖峰轩；19.林泉耆硕之馆（鸳鸯厅）；20.亦不二亭；21.停云庵；22.冠云楼（仙苑停云）；23.冠云台；24.浣台治；25.佳晴喜雨快雪之亭；26.至乐亭；27.舒啸亭；28.活泼地

昆明湖又因十七孔桥，连接涵虚堂组所在之岛，无形分出南湖。西湖又因横堤中隔，分成上、下两西湖。

后山土层较厚，除高大的松、柏特别吸引人外，杂木林立，灌木丛生，野花争艳。后山建筑也有明显中轴线。进北宫门，过长桥，从平台松堂上登须弥灵境，直升香岩宗印之阁。轴线左右上下，依势随形，布列园中之园多处，其建筑组合，各具巧妙（现仅存废址）。后山后河之景与前山昆明湖截然异趣，一则辽阔明亮，一则曲折幽静。缘河而行，忽狭忽宽，或收或放，两岸树木森森，轩馆堂斋，布列上下。但各组与苏州街仅存废址，惟仿无锡寄畅园而建的谐趣园这一组尚完好。谐趣园正是后河结束处。

明清的南京、北京以及江南地区的官僚地主私园有很大发展。北京自元建大都后，稍有私园修建。明清兴筑日盛，尤其西郊名园较多，如澄怀园、蔚秀园、承泽园、勺园、近春园、熙春园等。但遭帝国主义侵略军焚掠，几荡然无存。城中因乏泉源，少河水可引，而造园以得水为贵，故城北积水潭与城东南泡子河西岸都曾布列公卿的亭墅园林。城内一般园中仅筑山石小池，掇山仅拟山之余脉，叠石亦多为小品，或得有奇石，就独立特置以资欣赏。城内名园，不下二十，惜大半荒废或改建，仅可从史籍记载中了解一二。如明代米万锺之湛园以石著称。《燕都游览志》：“有石丈亭、石籁、仙籁馆”等。《天府广记》：“太仆好奇石，盖置其中最著者为非非石，数峰孤耸，俨然小九华也，又一黄石高四尺，通体玲珑，光润如玉，一青石高七尺，形如片云欲堕”。清代宅园中较著者如怡园，园中假山为张然所作，《茶余客话》云：“以意创为假山，以营邱北苑，大癡黄鹤画法为之，峰壑湍濑，曲折平远，经营渗澹，巧夺天工”。

园地近水时，或临之，或引之，必以水景为主。德胜桥水关附近“沿水面杀者、墅者、亭者，因水也，水亦因之”（《帝京景物略》）。例明代定国公园，园中布置，无一不因水。英国公新园是“因借”成名的范例，园中“构一亭一轩一台耳。但坐一方，方望周毕。其内一周，二面海子，一面湖池，一面古木古寺，新园亭也。园亭对者，桥也；过桥人种种，入我望中，与我分望，南海子而外望，云气五色，长周护者，万岁山也。左之而绿云者，园林也。东过而春夏烟绿，秋冬云黄者，稻田也。北过烟树，亿万家甍，烟缕上而白云横。西接西山，层层峦峦，晓青暮紫，近如可攀（《帝京景物略》）。水景、山景、村景、种种美景，尽入园中，可谓巧于因借。

西郊名园以米万钟的勺园最著称。《天府广记》用卅二字描写道：“园仅百亩，一望尽水，长堤大桥，幽亭曲榭，路穷则舟，舟尽则廊，高楼掩之，一望弥际”。园中弯堤、夹道、遍径无一不因水；亭榭廊台，或临水际，或伸水中，或伫立水中，或半出水面，便于因借；其水或一望无际，或堤坝分隔，或曲水似溪，各尽其致。此外，运用粉墙、跨梁以及树丛的巧妙组合，虽情趣各异，无不归之于水。

宋室南渡后，江南私园主要集中湖、杭、扬、苏四州。明清构筑并能幸存迄今，惟苏州为多，誉为名园的不下十余处。

苏州宅园有共同特征，以山池泉石为中心，莳以花草，环以建筑，构成山水园，较诸唐宋山水园更有所发展而较完整，又因园而有异宜。

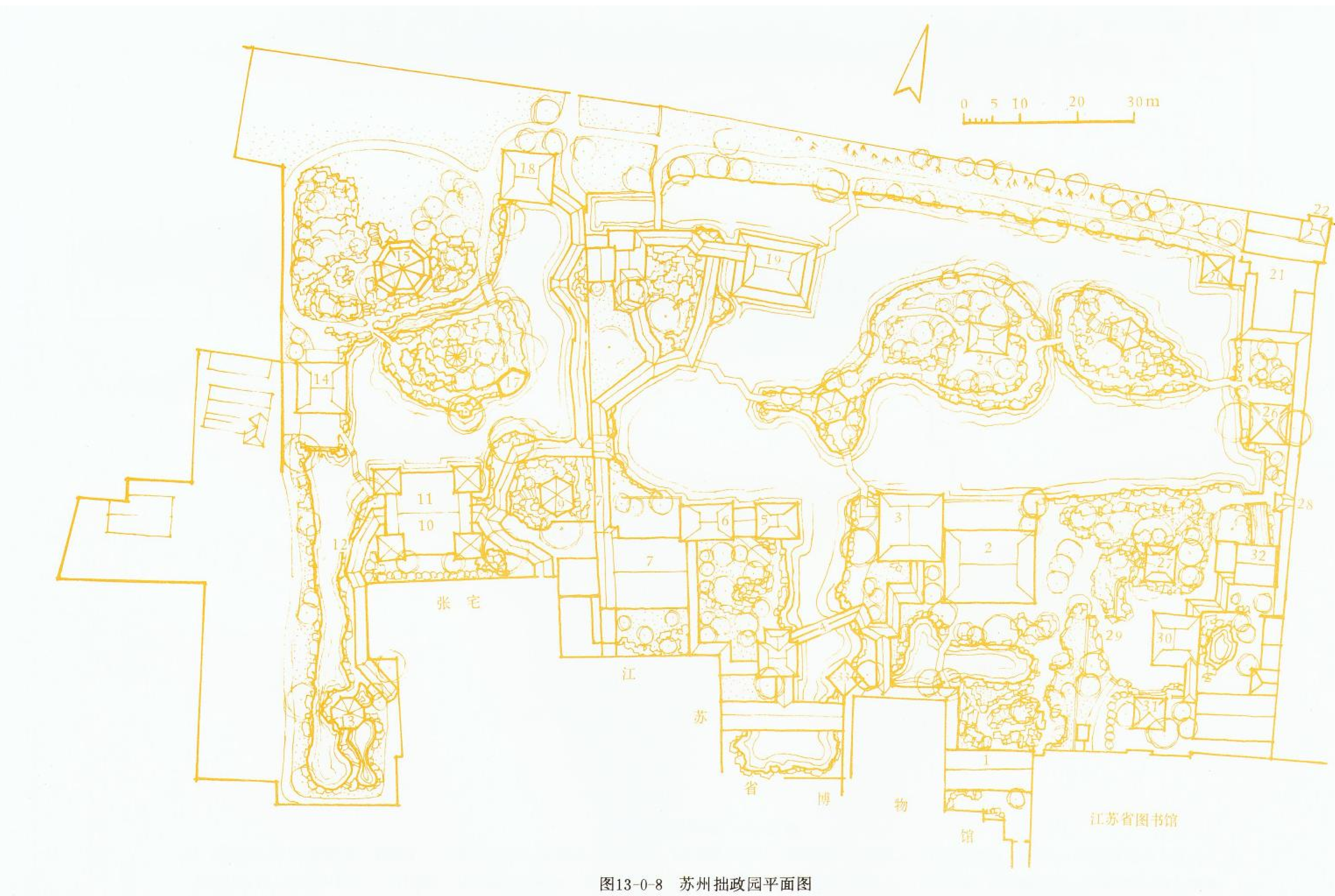


图13-0-8　苏州拙政园平面图

1.腰门；2.远香堂；3.南轩（倚玉轩）；4.小飞虹；5.香洲（旱船）；6.澂观楼；7.玉兰堂；8.西半亭（别有洞天）；9.宜两亭；10.十八曼陀萝花馆；11.三十六鸳鸯馆；12.云坞；13.塔影亭；14.留听阁；15.浮翠阁；16.笠亭；17.与谁同坐轩（扇亭）；18.拜父揖沈之斋（楼上为倒影楼）；19.见山楼；20.绿漪亭；21.菜花楼遗址；22.料敌楼；23.待霜亭；24.雪香云蔚（壁亭）；25.荷风四面亭；26.梧竹幽居；27.绣绮亭；28.末半亭；29.枇杷园；30.玲珑馆；31.嘉实亭；32.海棠春坞；33.松风亭



图13-0-9 苏州留园一角

清乾隆中期以后，筑池风尚有变，园中水面分大小，别主次。有以曲桥连湖心亭，划分水面，如留园（图13-0-7）、狮子林和怡园。留园的池近心形，池南为榭阁月台所临，池西掇带石台地，池北垒带石土山。狮子林虽以假山多石峰著，仍以池为中心。怡园由于地形狭长，采用塘河式水体，北半因阜垒土，叠石构洞。惠荫园主部，方塘半亩，塘南曲廊斜贯其上，再南则山石玲珑，折东为小林屋洞，以一塘一洞为主。环秀山庄，面积甚小，仅厅北一池，池上理山，以石山见胜。池岸处理，临水有建筑时，均以条石砌岸，或使池水伸入阁基之下，仿佛水自其下溢出，如艺圃池北临水之阁。网师园水池驳岸全用黄石垒砌，尤其运用上凸下凹的手法，使石影落池，益增生趣。

苏州诸园掇山，以带石土山为主，便于种植竹木。上山蹬道，往往夹石成径，山侧临水，叠石成崖，如艺圃池南，依山叠石成崖，崖下有滨水石径，既狭且险，犹如栈道。用湖石构洞，明代惠荫园的小林屋洞允称杰作，石洞位于方塘东南，先是湖石错立，洞口低于周遭，藏而不露。从自然式的叠石阶拾级而下，见洞口微露积水，经三折板桥进入洞内，沿壁有栈道。进主洞中深处，借洞外射进光线，观出洞顶倒垂的钟乳石，仿佛处身天然洞中。折进，前路狭窄，几经转折，拾级而上，又入另一洞府，洞较宽敞，西侧有光透进，顿生明朗之感。复进，洞道更狭，偻佝而行，不久出洞，但见出口就在入口西侧，可见洞内曲折上下盘旋的设计精妙。清代用湖石构洞，要以环秀山庄的池上理山为最胜。此山系戈裕良所创作，仅数弓之地而创作出层峦重叠，秀峰挺拔，峡谷幽深，洞府岩屋兼而有之的意境，可称绝妙。全山仿佛巨石天成，浑然一体。细察其湖石的选用，取其多洞而皱的一面，拼接之处皆用石纹石色相同的一边，自然脉络连贯，体势相称。进洞内仰望洞顶，一体湖石，不用条石封顶，因此成穹形如真洞。其法如造拱洞，钩搭叠掇，不用铁钩配搭，是叠石构洞技术上新的发展。象环秀山庄那样杰出的作品，终清之世未曾再度出现。

苏州宅园的特色是在庭院部分设置厅山或壁山，在手法上也有新发展。留园五峰仙馆前厅的厅山即一著例。虽然厅前筑山，列有五峰，略觉直逼于前，但堆叠得富有意趣。由于在庭院西北角凸出小空地上有叠石小品而成余脉之势。

苏州宅园中构筑的叠石组合，在手法上和形体上也有其特点。如网师园小山丛桂轩南的院中，用小块湖石围成不规则花台，点石其中，配以花草，颇饶意趣。较突出的是“云岗”这个叠石组合，生动活泼。得有奇石时，独立特置，也属常见。例如留园冠云楼前，特置有冠云、岫云、瑞云三峰石。光绪年间构筑的怡园坡仙琴馆窗外，单点有湖石两处，拜石轩北庭中聚点有怪石多处。

苏州宅园的又一特点，园地面积虽小，却能因势随形展开一景复一景，引出曲折多变化。划分景的常用手法，是运用粉墙，漏墙和廊，有时也用叠石假山、树丛。明代拙政园在小沧浪和志清处之间“翳以修竹”，即用树丛分隔之。艺圃花园部分，南山北水，而在山之西，以斜行粉墙隔一别院。各园通用廊、桥、漏墙划分空间，组成



图13-0-10 苏州网师园

景区。例如拙政园中，在远香堂西南，用小飞虹廊桥划分水面，环以游廊，形成中心为小水面区的廊院区。在划分主题和风趣截然不同的大区时，通用墙、廊隔开（图13-0-8）。例如留园的中部以池山为中心，表现湖泊水涯景色；其西部是带石土山，一片枫香林，表现出山林之趣，因此西部之间就以粉墙为界。拙政园的西部和中部以一面为漏墙的廊分隔，隐约可见。

宅园内厅堂亭廊等建筑，各有其不同的功能用途和取景特点，厅堂均设檐廊，以便停立眺望景物。拙政园的远香堂和沧浪亭的明道堂都是园中主体建筑，一则因水，一则因山而筑。楼的位置，或位于厅堂后，如拙政园的梦隐楼，或立于半山和假山上，如沧浪亭见山楼，筑于假山洞屋上；或近水际，如留园的明瑟楼，临水面池，构成池景一角；或位于园偶，如留园冠云楼，登楼前望，园中全景在目，后望借景园外，虎丘一带风景如画，各有所宜。登楼方式大都在室外叠石成岩梯，或更筑扒山廊通二楼。由于楼高二层，体形高显，也常成为园中一景。阁与楼近似，但较轻巧，大都重檐二层，四面开窗，其平面或长方形如留园远翠阁；或八角形如拙政园浮翠阁，也有仅一层仍称阁的，如拙政园留听阁；临水称水阁，如网师园濯缨水阁。亭是憩息赏景的建筑，又是园中一景，大小不一，式样众多。如拙政园中，亭式众多，有方形如绿漪亭，有圆形如笠亭，有长方形如雪香云蔚亭，有六角形如荷风四面亭，有八角形如塔影亭，有扇面形如与谁同坐轩。也有游廊中途突出成亭的，如网师园月到风来亭，留园闻木樨香轩；或在廊尽处设亭，如怡园锁绿轩、南雪亭；或在转角点设亭轩，如狮子林、沧浪亭的回廊上都有；还有依墙或依门洞造半亭的，如拙政园的倚虹亭、网师园五峰书屋东洞门亭以及留园诸例（图13-0-9）。

廊的运用在苏州宅园中十分突出，它不仅是连接建筑之间的有顶通道，而且是分划空间，组成景区的重要手段(图13-0-10)。廊有“随势曲折，谓之游廊；愈折愈曲，谓之曲廊；不曲者修廊，相向者对廊；通往来者走廊；容徘徊者步廊；入竹为竹廊，近水为水廊”（李斗：《扬州画舫录》)。廊“或蟠山腰，或穷水际，通花渡壑，蜿蜒无穷”（《园冶》)。拙政园的柳阴路曲，在柳树间随形曲抱组成廊院；从倒影楼到别有洞天这一段水廊好似浮廊一般。网师园、留园中部的游廊，都是随地形上下升落。沧浪亭的复廊，既因水而曲，又避外隐内；怡园的复廊，既分划两个主题表现不同的东部和西部，又是通连南北的纽带。留园东部五峰仙馆后的曲廊是在畅朗中有曲折；中部近北墙的曲廊则是直中有曲，曲处虚出小角地，其中点以湖石或配以花草。清代中叶以后构筑的园中，廊的运用更为突出，往往环绕全园界墙筑以回廊。如狮子林有环园回廊；留园中部的回廊还连接到东部；沧浪亭既有环山回廊，又有南部建筑群四周的回廊。在这些名园里，虽值雨天不用雨具亦可在廊中行走，观赏全园。

苏州宅园中植物种类不下百种。明代好用大片丛植构成局部意境，带石土山上可用多种树木群植，造成山林之趣。清乾隆中期以后，园中构筑日盛，转而趋向于以同种少数植株为一组的丛植，或二三种少数植株的群植。最突出的做法还是以粉墙为底，点以湖石、配以竹蕉、花木，便具画意。此外，用湖石围成植坛，点以竹木花草；或回廊上曲院中空出的角地，点缀花草竹木小石，也都饶有意趣。

第一节　园林理水

山水是我国古代园林主要组成部分。掇山必同时理水，所谓“山脉之通按其水径，水道之达理其山形”[1]。

三千年前周文王的灵囿，内有灵沼。《三秦记》提到“秦始皇作长池、引渭水，东西二百里，筑土为蓬莱山”。这可说是苑囿中引水开池的创举。汉武帝在上林苑中穿昆明池周匝四十里。此外有池十处。隋炀帝西苑中凿北海，周环四十里，开沟通五湖四海。海北有龙鳞渠屈曲周绕十六院复入海。元、明、清建都北京，北海和昆明湖是两大水面，北海水源来自昆明湖，经长河至德胜桥水关进城，复经积水潭、什刹海而入北海。昆明湖，元时郭守敬督开河道，引昌平一带泉水汇为瓮山泊，乾隆时又深浚湖身，导玉泉诸泉汇注成为面积三千亩的昆明湖。

园林中水体还有实用功能方面的意义。大面积的园林与风景区的水面，如杭州的西湖、南京的玄武湖、北京的昆明湖和北海等往往又是城市水系的有机组成部分，可蓄洪排涝，调节城市用水，有的可以养鱼殖荷，行舟开展水上活动，灌溉农田和改善小气候等。

我国古代园林里表现的水景，以湖沼平原区自然风景为主，有掇山或属山地时，溪涧泉瀑各种理水形式，莫不因地制宜，随形而设。帝王宫苑的水面一般都很大，而私园的水面就较小，但所表现的意境都相类似。宋《洛阳名园记》中提及环溪在环水之中布列亭榭楼堂，类似隋西苑；湖园的大湖，中有岛洲，是湖岛风景；文潞公东园“地薄东城，水渺弥甚广，汎舟游者，如在江湖间也”。明代苏州拙政园的中心是湖沼，文征明《王氏拙政园记》指出：“有积水亘其中，稍加浚治，环以林木”，于是“滉漾渺弥，望若湖泊。”

湖池的平面布局多处理有大小主次之别，水面也有聚分的不同。以聚为主，以分为辅。聚则水面辽阔，容易形成水景的中心，在其中和周围岸上筑山种植，建造亭榭，视线开展，倒影生辉，碧波潋滟，风景如画，虽人工开凿，也富有自然佳趣。分别似断似续，可构成曲折深邃的趣味，有对比变化。水面形状多采取不规则状，并往往在一角和地势高处为山岩绝壁，或引水湾、架水阁、跨桥梁，使池岸与园景富于变化。但亦有形同长池和河川，一面或两面为山，形成山抱水环之势，或环以建筑，点缀山面。水面狭长则有收放和曲折变化，以反映自然河川景观，如扬州瘦西湖、北京颐和园后湖的水面，泛舟其中有船行景异之妙。如在园林中有水源自上而下，则往往因地制宜，因境设景，布置瀑布、深潭、溪涧、喷泉、壁泉、涌泉等动态水景。如明万历年间建造的故宫御花园堆秀假山下的一对石狮盘龙吐水的喷泉，是我国保存最完整的古老喷泉之一。原来水源设在假山上置四个铜缸由人直接挑水上去，清乾隆年间修建时改为用人工唧筒压上去。水管采用锡管，以防山石错动时压裂。在建筑为主的庭院多做成正方形或长方规则式的水池，如北海画舫斋和苏州留园。

较大的水面，常用岛、堤和桥分隔水面，以增加层次和联系交通使水面有丰富的变化。自汉起就有“一池三山”的布局传统。水的水池则以桥、廊、小岛等方式来分隔，尤其廊桥效果更妙，能使水面明分而又不断。

园林理水首先要考虑水源问题，要“察水之来历”、“入奥疏源，就低凿水”（《园冶》），要巧于利用自然水源，若园址原有湖沼洼地，或有河溪流经其傍，或有泉眼涌出，应善加利用。我国江南私园善于利用江南水乡河流纵横，地下水位较高，在园内就低凿池，形成诸多水景。如苏州各园都凿有大小水池。清康熙选承德避暑山庄园址时，就注意了山庄内泉脉涌流，有热河泉所造成“荷花仲秋见，惟因此热泉”的奇观。还有山峡流泉迸发，有的可以汇成瀑布。原来的湖沼还可筑堤闸加以扩大。北京的圆明园面积近五千亩，其中水面占一半，除引玉泉水外，水源主要来自园内三十几处流泉。但园内不易得流泉、悬瀑，如园内缺水，人工引水便成为需要。古代帝王宫苑，规模宏大，苑中必有河水，凿渠引水，延而为溪，聚而成湖。白居易《庐山草堂记》：“堂西倚北崖石址，以剖竹架空引崖上泉脉分线悬自檐注砌，累累如贯珠”[2]，是利用山泉，剖竹架室引水形成的水帘。《明宫史》记载：“宫后苑鱼池之水，慈宁宫鱼池之水，各立有水库房，用驴拽水车，由地管以运输”，是利用畜力水车把护城河水提升，通过铜铸的管道引水到后苑去，作为观鱼池的水源。《日下旧闻故》谓：“西山泉脉，随地涌流，其因事顺导，流注御园，以汇于昆明湖者，不惟疏脉玉泉已矣。其自西北来者，尚有二源……皆凿石为槽，以通水道。地势高则置槽于平地，覆以石瓦，地势下则于垣上置槽”。是利用石槽暗沟以防沿途渗漏和控制水流的引水方法。清在圆明园的长春园北部造“西洋楼”时，吸取西洋水法，把水提升至储水楼，通过管道，做为大水法喷泉的水源。此外，还可利用屋檐水做为飞瀑的水源，或筑蓄水池设闸和挖水井为人工水源等。

园林的理水工程包括引水、水闸、驳岸、瀑潭、溪涧、喷泉、壁泉等。

一　水　闸

园林中的水面，如与外界相通，则须设闸，以便调节水流。据程演生《圆明园考》，园水发源玉泉山，由西马庙入进水闸，支流衍至园内曰天琳宇、柳浪闻莺诸处之响水口。水势遂分西北高而东南低。五空出水闸在明春门北。一空出水闸在蕊珠宫北，水出苑墙经长春园出七空闸东入清河。可看出圆明园设置的进出水闸、调节闸是很

完善的。

古代园林设置的水闸以小型为主，或单独设立，或与园林中的桥、亭榭、假山相配合，以丰富园林的景观，也有设在隐蔽的地方，造成水源无尽之意。水闸多做成手提式迭梁闸，如颐和园谐趣园的出水闸，直接做在两岸花岗岩条石砌成的河道上。河道宽约 3 米，条石驳岸高 1.5 米，闸槽就刻在条石驳岸上，宽为 13 厘米，深 8 厘米，未单设闸墙和闸礅，闸门用厚木板呈迭梁式上下排列。闸底的做法是在闸墙前后用花岗岩条石满铺河底，上游铺 2 米，下游铺 3 米，条石池基打一步灰土，上下游水位差约 1 米左右(图13-1-1)。这种闸结构简单，使用情况良好，完全经住水的冲刷力和渗流所成的压力。谐趣园的进水闸也筑造简单，巧妙地利用后湖南角的天然岩石做地基，把闸与青石板桥结合起来，闸门设在桥下，比较隐蔽。用长约 1.10 米、宽厚约 60 厘米的条石竖砌，嵌在由山石堆砌成的驳岸做的闸墩中，闸槽刻在条石上，宽深约 10 厘米。上下水位落差约 0.5 ~ 1 米，闸板为木质迭梁式，上下启闭。这个闸址选择很成功，能充分利用原来的天然岩石地基，闸与石桥相结合，结构简单，而且省工料，外观也含蓄自然（图13-1-2）。

承德避暑山庄乾隆年间修建的水心榭(图13-1-3)，是把水中亭榭、石桥与闸结合起来，成为园林一景的例子，桥墩与闸墩合而为一，两端的石桥下为一孔闸，中间的长石桥为六孔闸（图13-1-4）。

除了水闸外，还有用小滚水坝的形式以保持不同高差水池的水位。如北海静心斋内的沁泉廊，南北临池，北面水池的水经廊下滚水坝流向南部的水池，由滚水坝保持南北大小水面的水位差。廊下有两条石砌成的桥墩，宽 63 厘米，池底满铺条石，南北超过桥墩 60 厘米，滚水坝设在桥墩的南端，系由高 75 厘米、底宽为 80 厘米的等腰三角形条石直接砌在地底的条石上。滚水坝南面上端刻有二道蹉跶，每蹬 4 厘米，前后缩进 2.5 厘米，水由滚水坝流向低处时，发出潺潺流水声每蹬激起浪花，变无声为有声，静中有动，使园景增添变化（图13-1-5）。

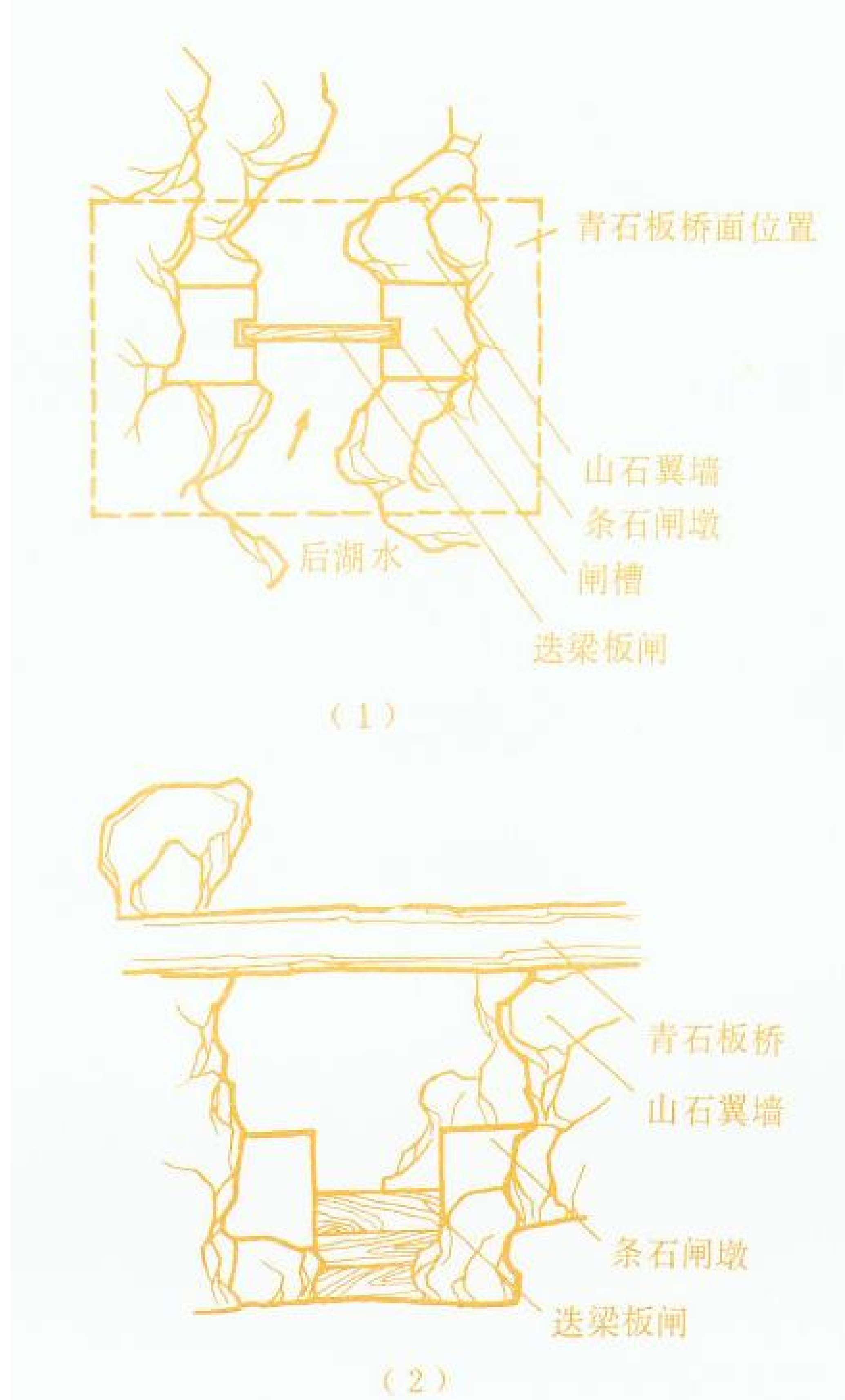


图13-1-2　北京颐和园谐趣园进水闸示意图

（1）进水闸平面示意；（2）进水闸立面示意

二　驳　岸

宋之金明池，有五殿正在池中心四岸石甃的记载。可见我国古典园林驳岸之作由来已久。驳岸的做法，在自然式的湖池一般都用石块迭成曲折自然的山石驳岸。水面广阔岸浅的地带多采取土岸或散点山石，汀蒲苇荷杂植其中，更显得自然质朴。沿岸有建筑物，整形水池或堤、岛沿岸要求抗拒水浪冲击的地方则多砌成整齐的条石驳岸。

（1）条石驳岸：材料一般用坚实未经风化的花岗岩条石。《西湖志》载，清雍正二年（1724年）曾对西湖白堤加宽加高，修筑时钉桩贮土，铺砂甃石，四年冬造成，说明修条石驳岸时已用打桩以防沉陷的方法。明清以来的宫苑，如北京的北海、圆明园、颐和园等的水面有不少是采用条石驳岸的。

颐和园昆明湖东堤条石驳岸的做法：由于昆明湖水面大风浪高，条石驳岸从湖底到岸顶高约 1.7～2.0米，比最高水位高出 1 米左右。因湖底有淤泥层和流砂层，故驳岸采用梅花桩加固地基（做法与假山石山桩基相同）。桩顶上置压桩石，再浆砌条石，每层错缝，条石之间加嵌铸铁造的银锭扣固定，以防冻涨松动。在条石驳岸的背水面为浆砌大城砖，施工时码一层条石，背一层砖，

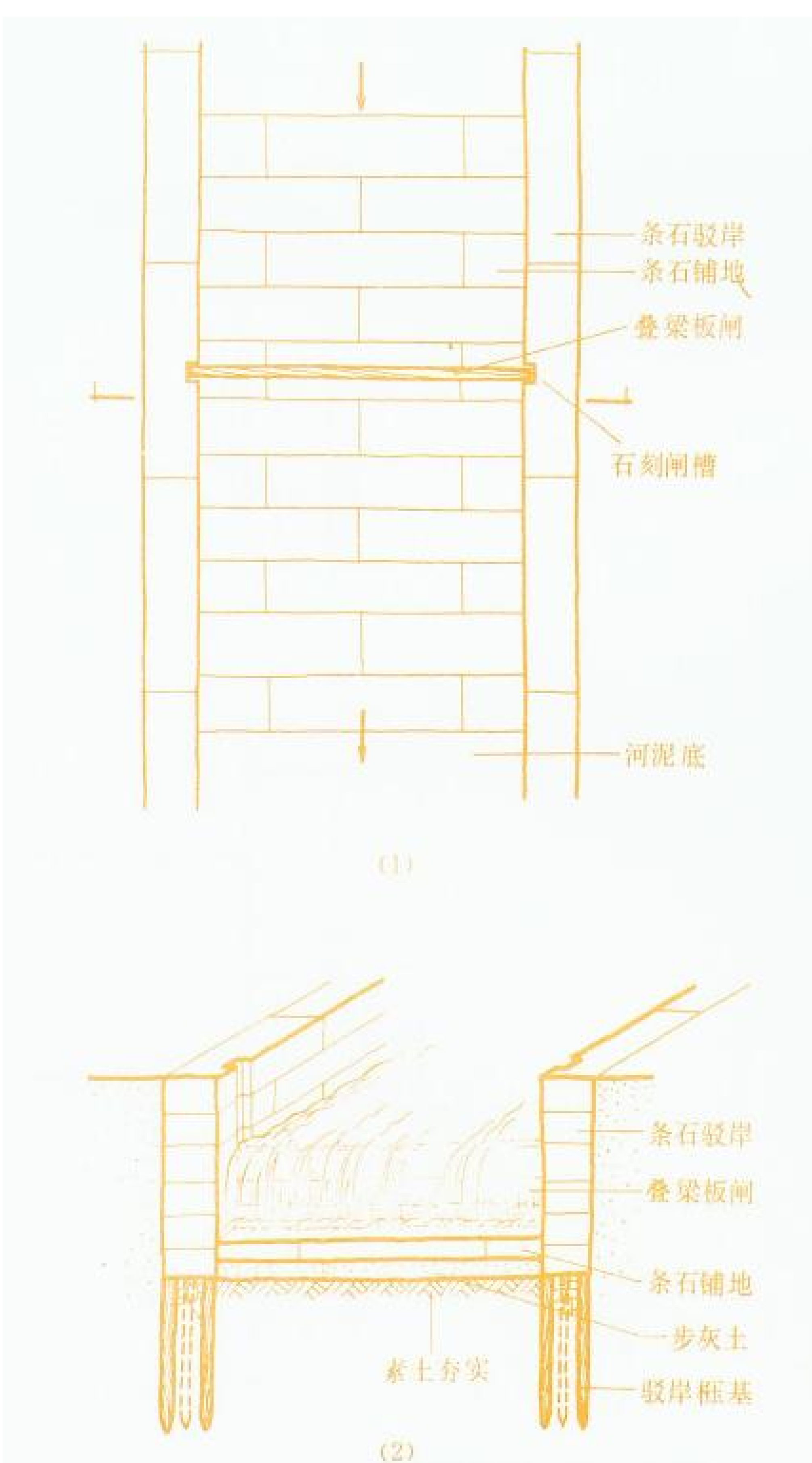
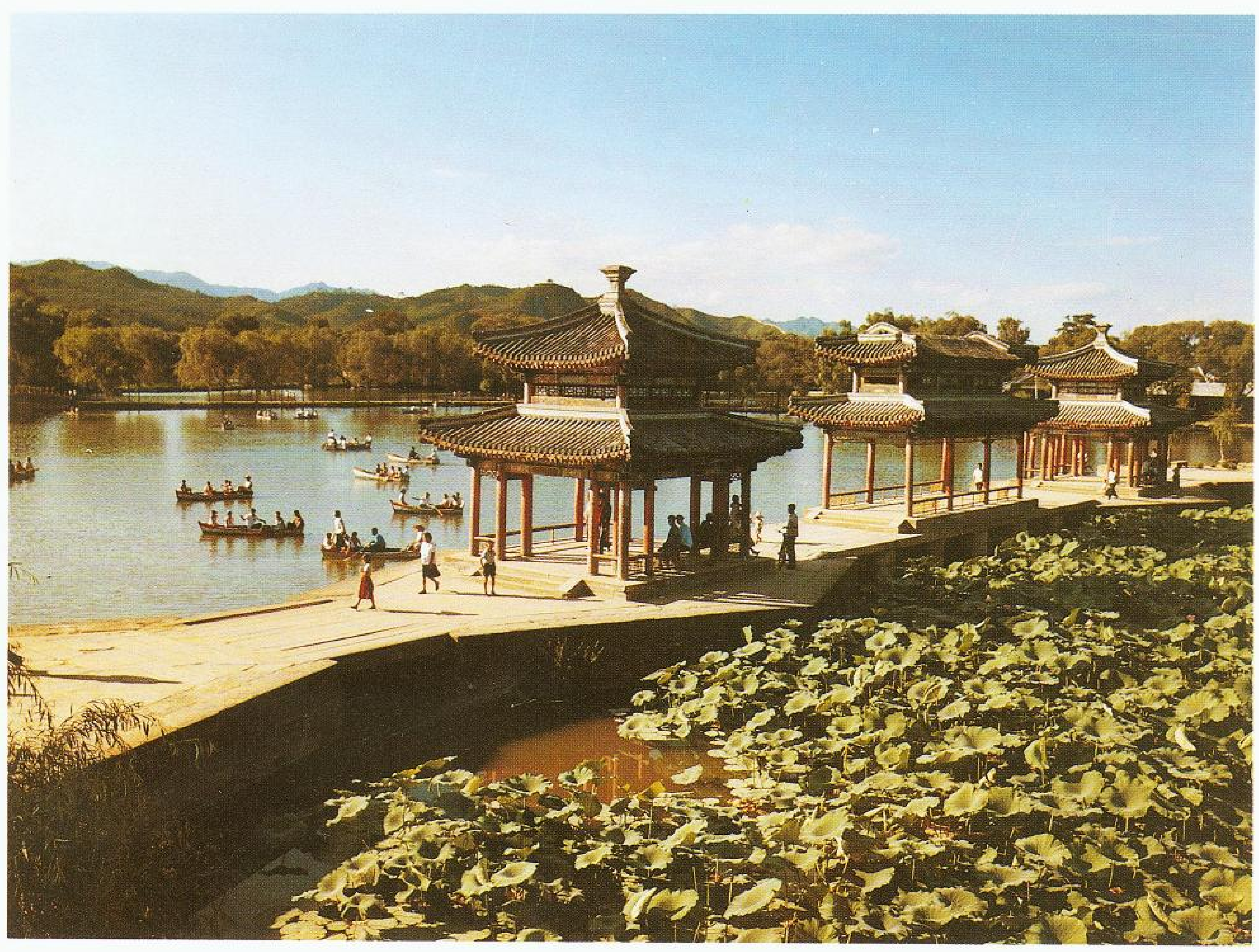


图13-1-1　北京颐和园谐趣园出水闸示意图

（1）出水闸平面示意；（2）出水闸做法示意


图13-1-3　承德避暑山庄水心榭景观

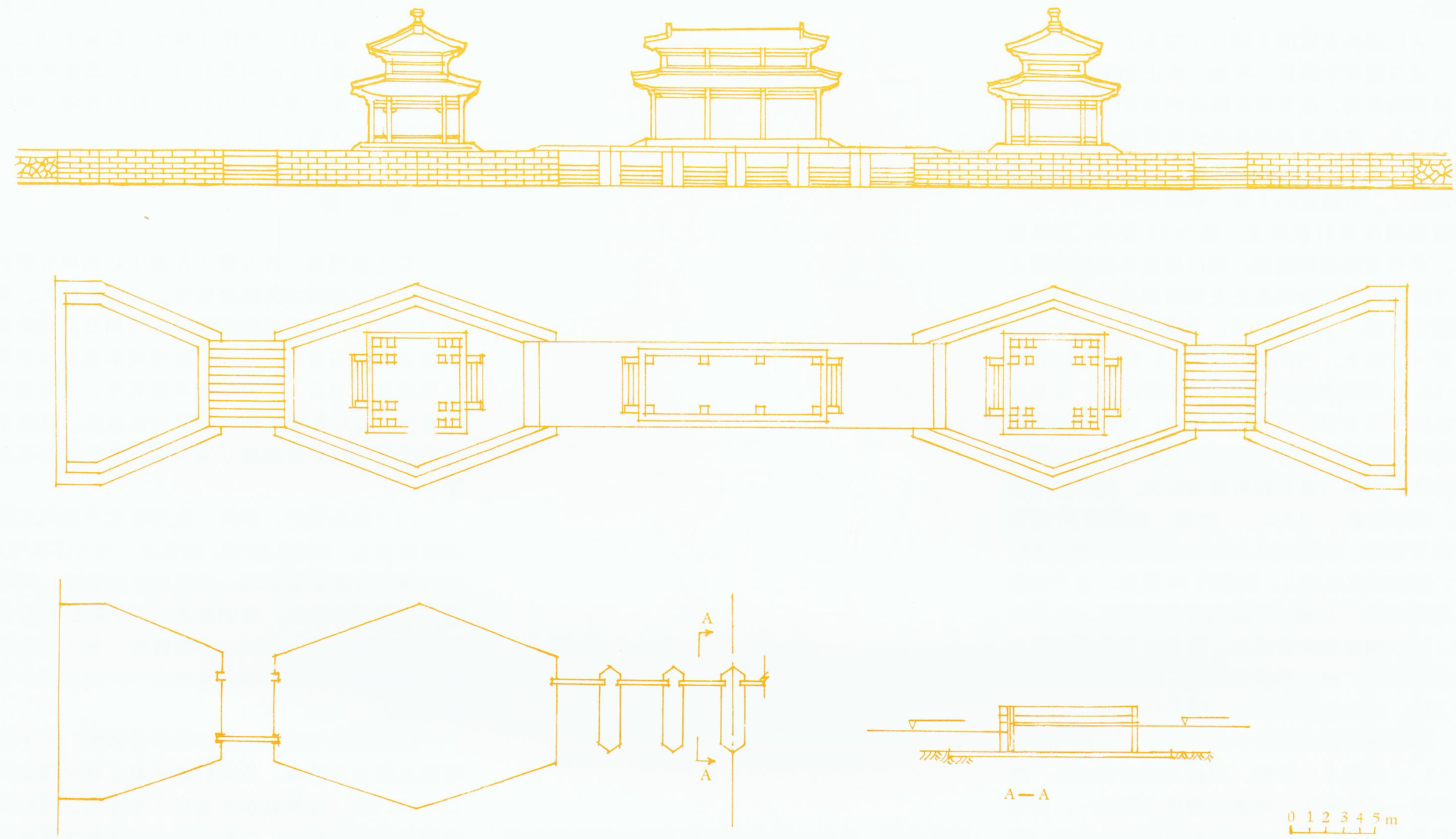


图13-1-4　承德避暑山庄水心榭水闸示意图

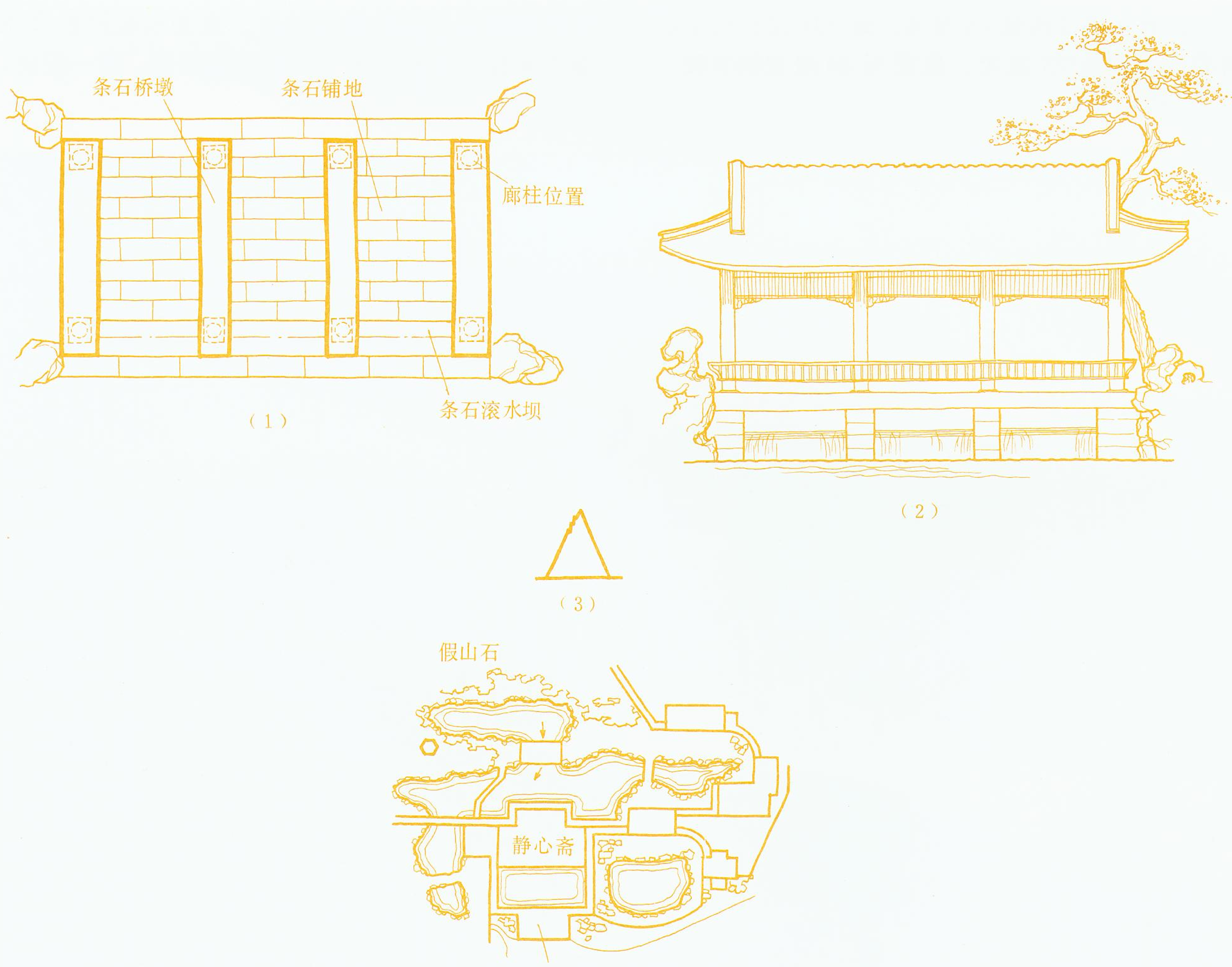


图13-1-5　北京北海静心斋沁泉廊滚水坝示意图

（1）滚水坝平面示意；（2）滚水坝立面示意；（3）条石滚水坝横断面示意；（4）沁泉廊在静心斋的位置

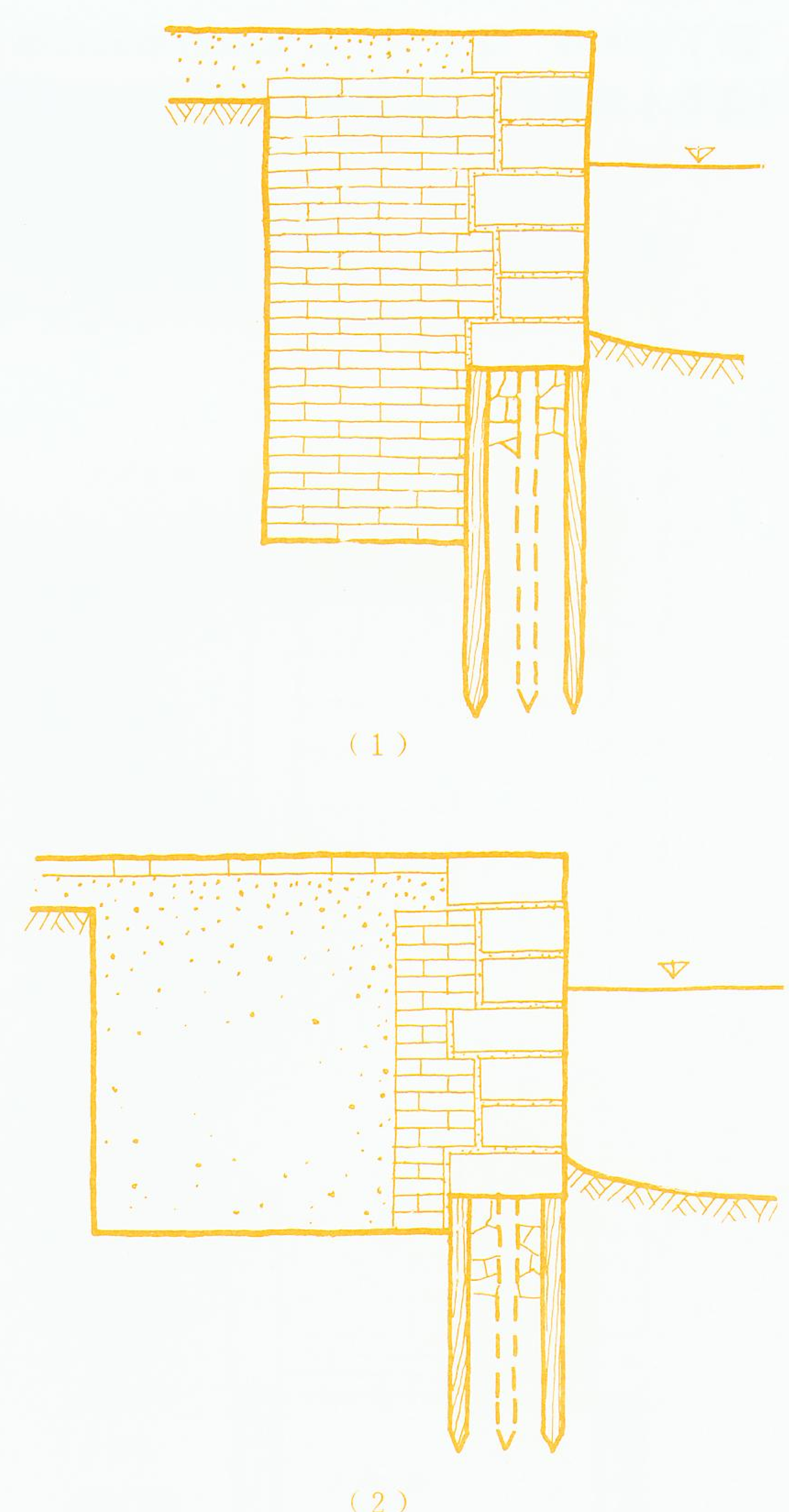


图13-1-6　条石驳岸

（1）北京颐和园条石驳岸横断面图；（2）北京圆明园条石驳岸横断面图

砖面之间灌桃花浆，并在一段距离增加背石，亦用银锭扣与前面的条石固定，增强横向联结，在城砖墙背后打灰土墙。在圆明园方壶胜境遗迹见到的灰土墙厚度约1.5米。这样可以防止北方地区水面冰冻后向岸壁推压，同时也减少沿岸积水，达到坚固耐久。在江南园林因无冰冻破坏，条石驳岸的背水砖墙和灰土墙做的较薄或不做。桩基用木除柏木外也用杉木，桩木的排列还有七星桩。打桩的密度、粗细、长度，须视土质、水池深浅和承重大小而有变化。此外，亦有用较小的整形块石或乱石砌成块石驳岸和虎皮面驳岸（图13－1－6）。

（2）山石驳岸：采用自然山石如湖石、青石、黄石等砌成有起伏曲折变化的驳岸，能很好地与自然山水和假山等相配合，体现出自然纯朴的情趣，故在我国古典园林中得到广泛的应用。如江南园林的水面池岸大部分是山石驳岸，北京颐和园的知春亭、后湖、谐趣园等局部也采用山石驳岸。山石驳岸的做法也是需要打桩基，背面城砖宽度为50厘米左右，亦可打灰土墙（图13－1－7）。在桩基上用条石或大块石压顶。上面浆砌块石、条石与块石不外露至常水位以下一点开始迭砌假山石，驳岸用石要选大石为主，好的一面朝外，接近地面的山石布置成有大小集散和高低错落前后进退的自然变化，亦有在接近地面部分接以土岸，栽草植树，更接近自然。山石驳岸的用石统一效果方好，如在一个水面用两三种石料，应加以分类，做到局部用石一致，有过渡处理，不使生硬。山石驳岸更要与四周地形环境相配合，岸高的地方可以做成峭壁式的山石驳岸，低矮凹凸处做成伸向水面的石矶式山石驳岸（图13－1－8）。或做成台阶式山石驳岸（图13－1－9），花台式山石驳岸（图13－1－10），或局部排出山石形成水岫或山石驳岸，状若布有小穴，使水在石下望之深邃，似有泉流（图13－1－11）。

小池的山石驳岸不宜僵直和过高，否则犹如凭栏观井，失去应有的比例尺度。驳岸离水面高度以高出25厘米到1米左右为好。如为地势所限，水位过低而池岸过高时，应设法使人的活动能有部分接近水面，将四周很高的池岸用湖面叠成崖壁的形状，建一亭榭于池的一角，贴近水面，使人在亭榭内观景，犹如进入峻峭山岩下的水潭，

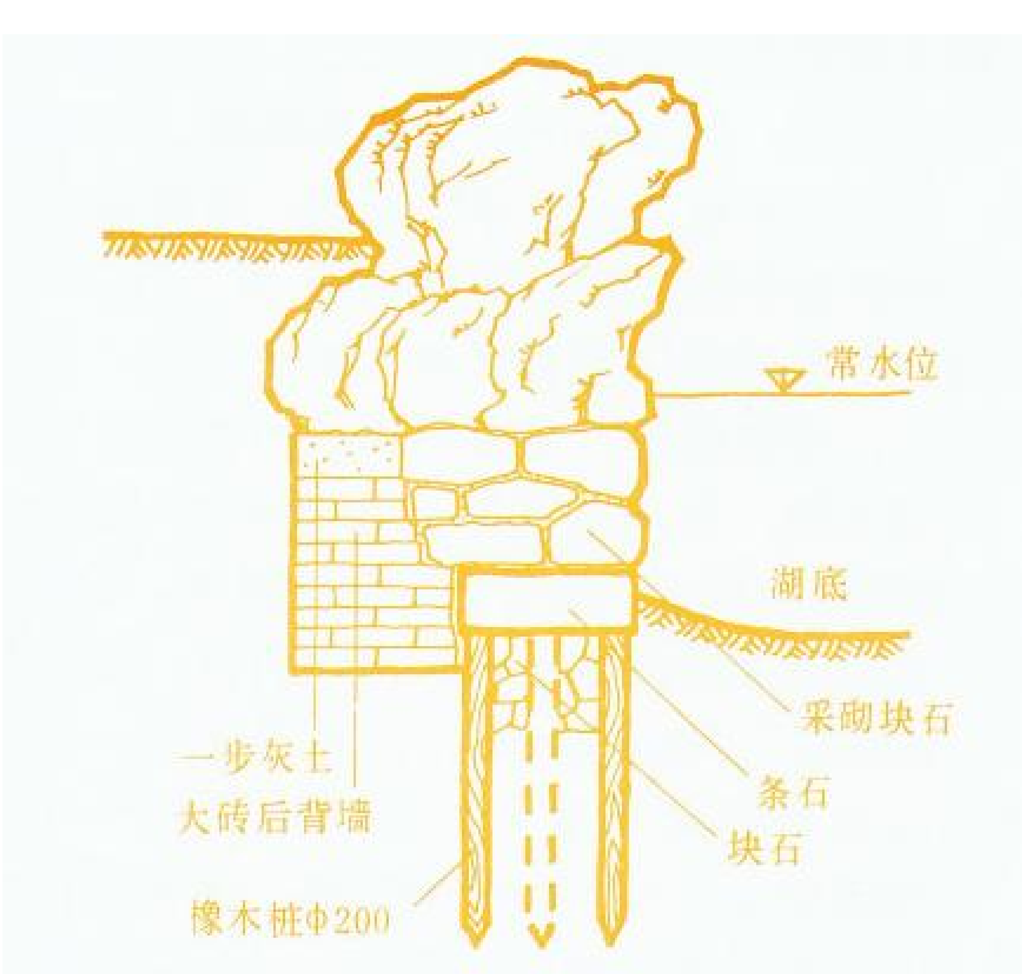


图13-1-7 北京颐和园山石驳岸横断面图



图13-1-8 南京瞻园石驳岸

别有一种风趣，是古代园林处理池中水位较低的一种较好的传统手法。

（3）土岸：适用于岸线坡缓的湖池岸。《西湖志》记杭州西湖苏堤始末谓，堤是取西湖葑性土积成，初时未用石驳岸，而是"列插万柳护岸"，后来因"柳败而稀，堤亦圮"。说明土岸坡度不能太陡，否则经不起水浪的冲刷。而植柳可以起到护岸固坡的作用，土岸宜和山石植物互相配合，在容易受到风浪冲蚀的地方，布石巩固，亦使有自然点景的效果（图13－1－12）。

（4）汀石：在池小水窄之处，以汀石代替桥梁，可使水景更形自然之趣，增添水面变化和方便水上游览观景。如扬州小盘谷的汀石，大小数块高低参差错落，身历其境犹如在深山溪谷之中（图13－1－13）。汀石的地基处理视水深和土质情况而定，水浅一般是素土夯实后打两步灰土即可，上砌步石，宜选石块较大，外形不整而面上较平的山石，两个相邻步石的中心距离保持在60厘米左右。

水池的防漏，《园冶》在山石池提到"选版薄山石理之，少得窍不能盛水，须知等分平衡法可矣，凡理块石俱怕四边或三边压缀若压两边恐石平中有损，如压一边，即罅稍有丝缝水不能注，虽做灰坚固亦不能止"，关键是要将块石的四边或三边相互压掇。对方池的防漏，如清代北海琼华岛后山上的两个水池，在池底和池壁先打灰土，后砌条石，油灰勾缝，池子注水时可以防漏，但油灰不延年。

三 山石水景

泉、深潭、溪涧都需要结合山石才符合自然界成景的规律。古代多利用地势高差引流，山上设水柜或利用檐水为瀑布的水源。唐白居易《庐山草堂记》说："堂东有瀑布，水悬三尺。"《热河

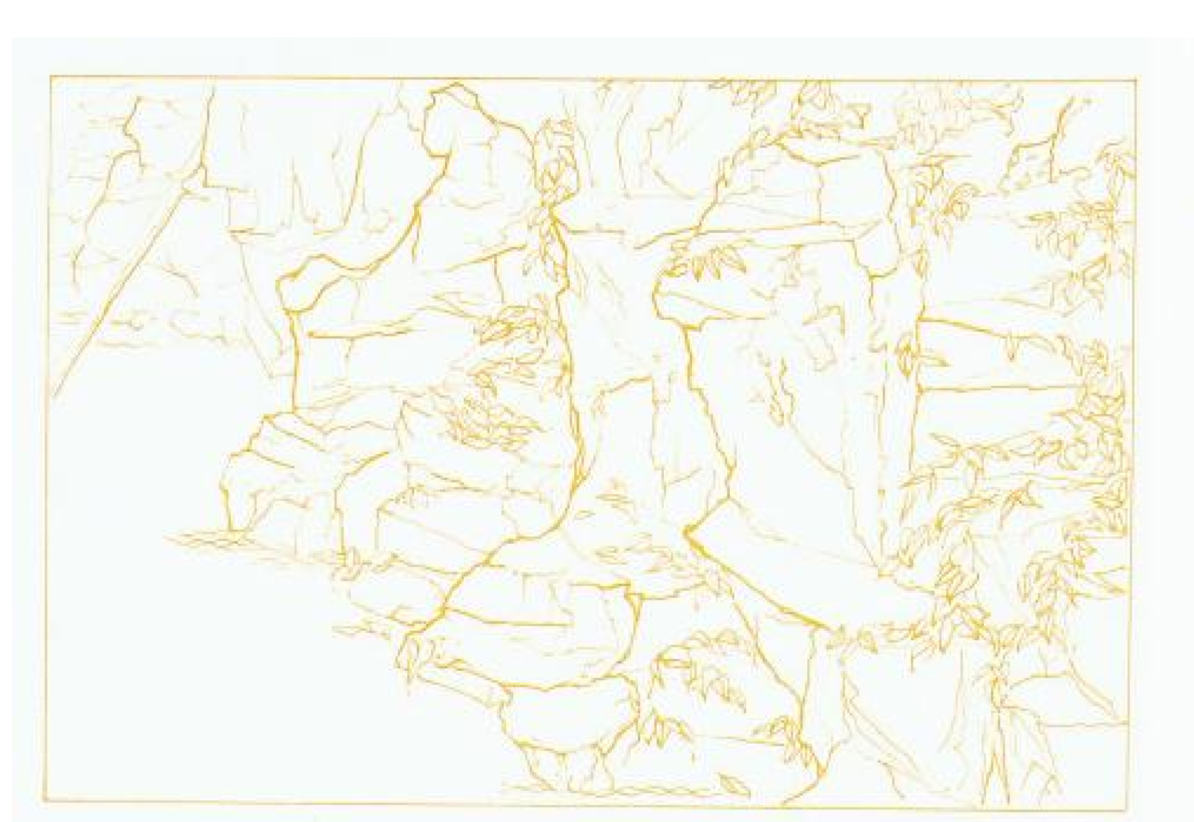


图13-1-9 苏州耦园台阶式山石驳岸



图13-1-10 扬州寄啸山庄花台式山石驳岸

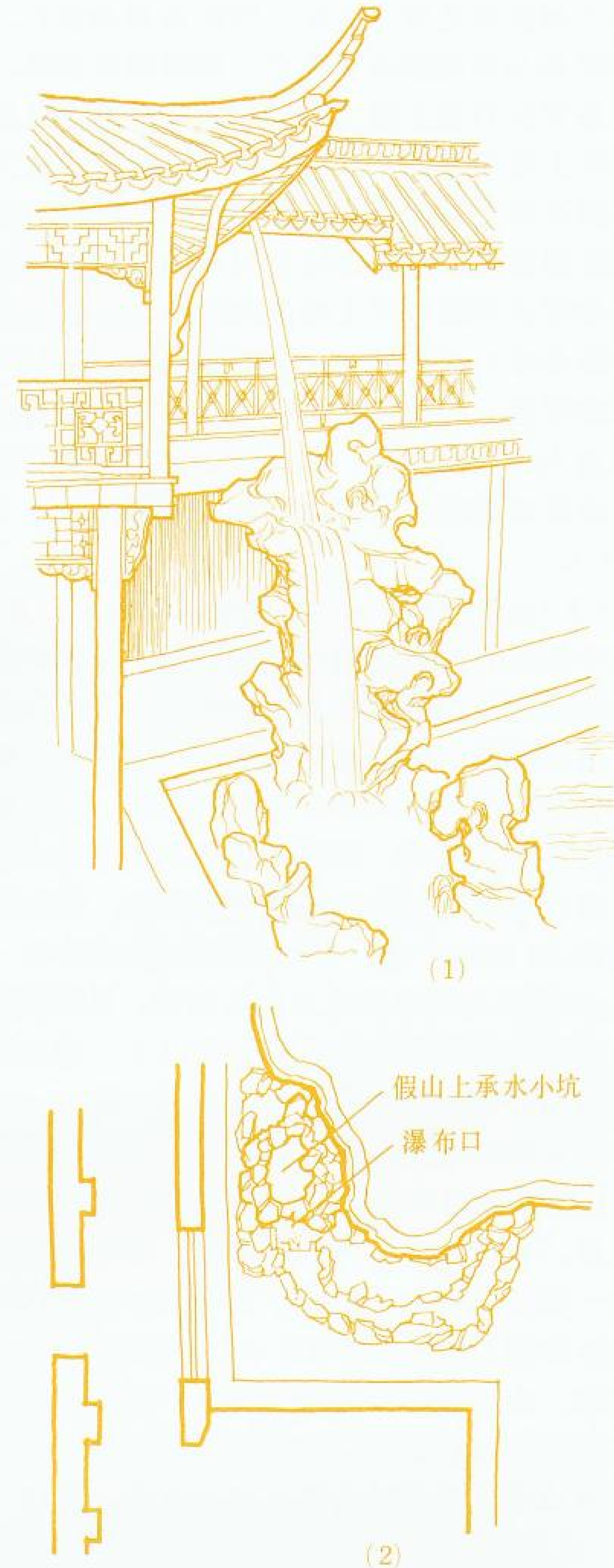


图13-1-14 扬州寄啸山庄人工瀑布
（1）假山瀑布透视；（2）屋檐下假山瀑布位置示意

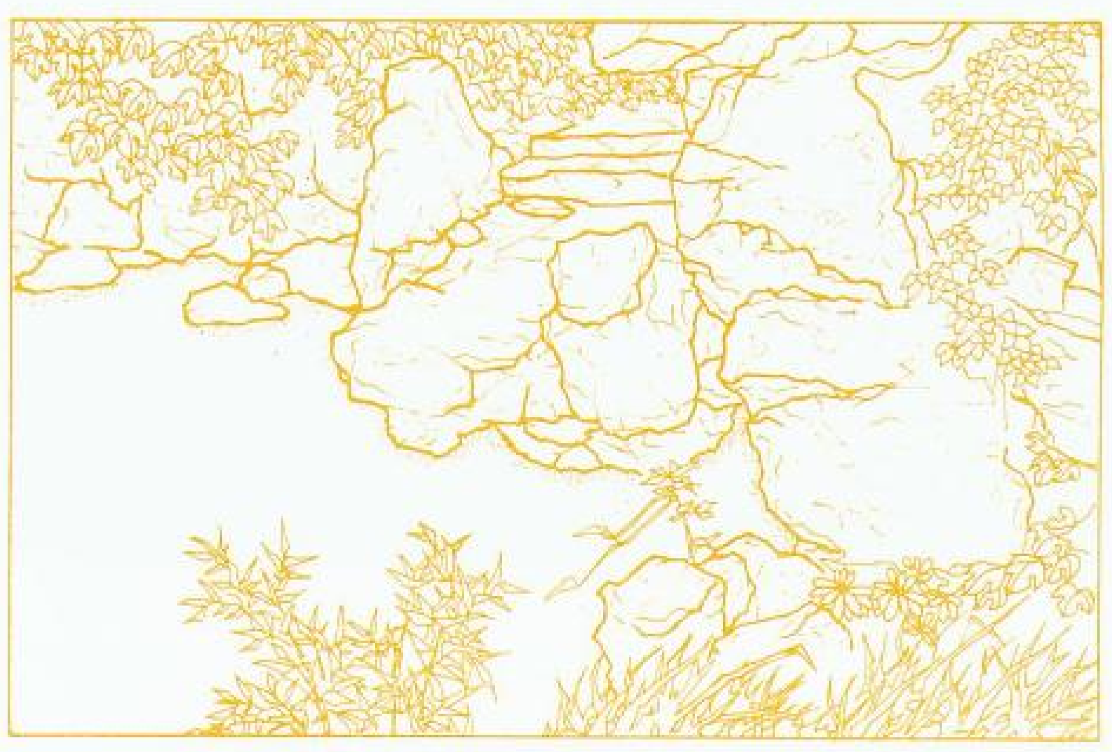


图13-1-11 苏州残粒园水岫式山石驳岸

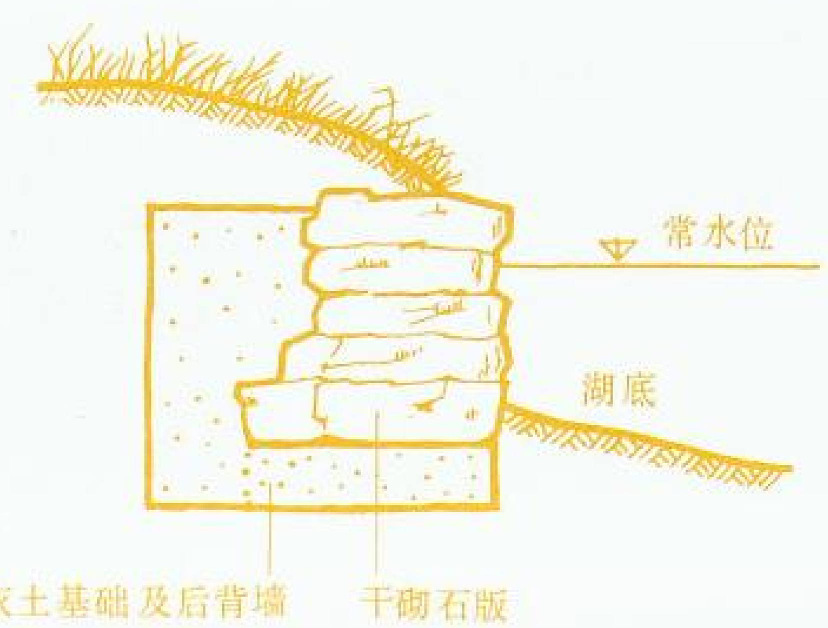


图13-1-12 北京圆明园土驳岸横断面图



图13-1-13 扬州小盘谷汀石

志》也有记述:“瀑源来自西峪，垂于涌翠岩之巅，玉喷珠跳，晴雷夏雪，汇注湖中”，是利用天然山泉石壁形成的瀑布。宋艮岳已有人工瀑布，在假山上设水柜、立石壁，需要时开闸注水为瀑布。宋《洛阳名园记》董氏东园有“大池中为堂，榜之曰含璧，四面喷泻池中而阴出之，故朝夕如飞瀑而池不溢”，表明在宫苑和私园都有人工瀑布的运用。到了明朝对人工瀑布已有论述，如《长物志》谓:“山居引泉，从高而下，为瀑布稍易。园林欲作此，须栽竹长短不一，尽承檐流，暗接藏石罅中，以斧劈石叠高，下凿小池承水，置石竹其下，雨中能令飞泉喷薄，潺湲有声，亦一奇也。尤宜竹间松下，青忽掩映，更自可观。亦有凿水于山顶，客至去闸，水从空直注者”。《园冶》也提到“瀑布如峭壁山理也，先观有坑高楼檐水，可间至墙顶作天沟行壁山顶留小坑，突出石口，泛漫而下，才如瀑布”。如上海豫园，苏州狮子林，扬州寄啸山庄利用檐流布置有人工飞瀑（图13-1-14）。

无锡寄畅园之“八音涧”利用惠山多泉的自然条件，人工掇山造成溪涧的景象。从涧源跌落，引起共鸣欣尝泉声（杭州水乐洞亦用“无弦琴”题

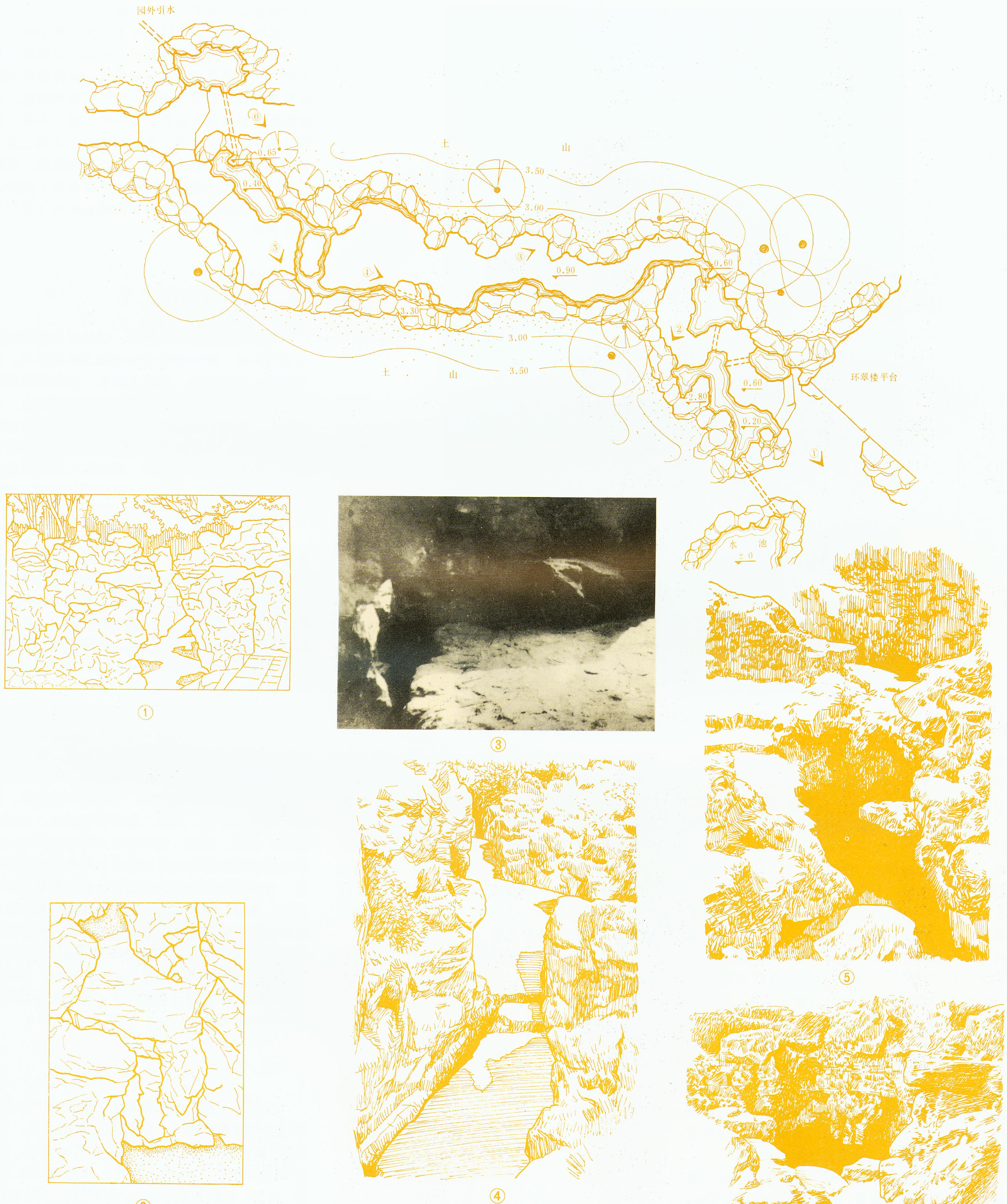


图13-1-15 无锡寄畅园八音涧布置示意图

①八音涧入口；②八音涧跌水及水岫做法；③山涧窄处；④汀石分水；⑤水池及跌水；⑥泉源小池

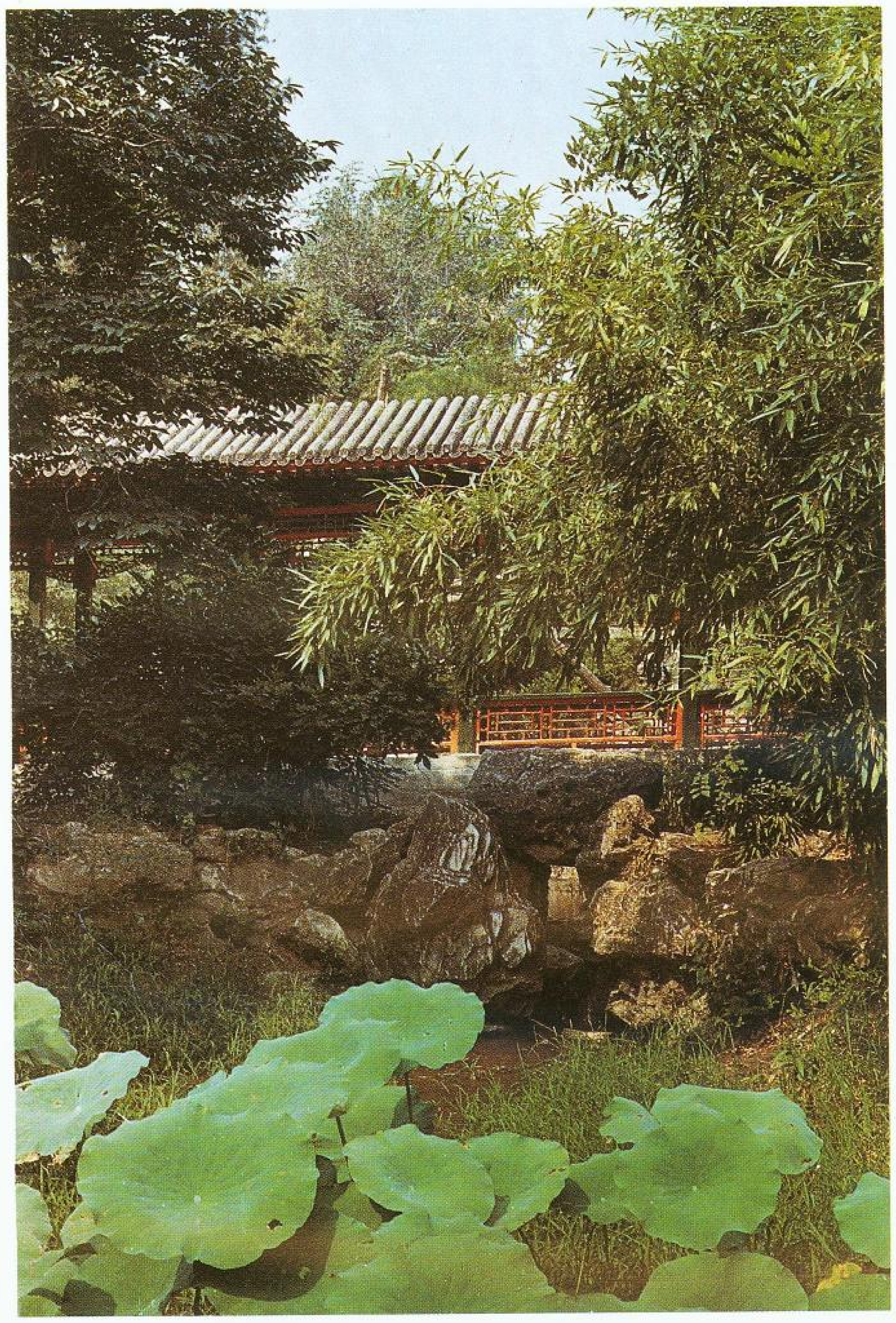


图13-1-16　北京颐和园谐趣园清琴峡

咏）。此洞从低处到水源高处为东北西南走向，水势高差约1米多。涧长约20米，谷宽2—4米左右，溪涧峪谷山石高约2—3米多(图13-1-16)。八音涧入口有石铭横空，两山谷间涧流隐现（图13-1-15之①）。下阶入谷，折桥贴水，山涧夹道，流泉从石槽跌落，高约60厘米，水口下面山石收进形成水峋，引起共鸣，水声愈响（图13-1-15之②）。西行则二涧合一横穿路面，跨涧穿谷，山涧又单流于左侧，从放到收，窄处仅约15厘米，时而暗穿石罅，复又行于明沟（图13-1-15之③）。中段以后又被汀石分为两股穿路而西（图13-1-15之④），又放开为狭长水池。池面水峋含水不尽，从泉源到此又是一个跌水，高约65厘米（图13-1-15之⑤）。循自然石级而得泉源小池，泉自石罅溢出，即由西墙外所涵引者（图13-1-15之⑥）。由于泉流时宽时窄，流速乍缓乍急，跌水高差不一，消力池大小深浅各异，加之伏流明溪的变化，从而产生不同的水潺音响。这种化无声为有声的做法，是很自然和别致的。

北京颐和园中的谐趣园，仿寄畅园造园经验结合了本身的自然条件，在园的西北角设清琴峡，引后湖水源，是巧妙利用天然山石与人工叠石相结合造成胜似自然的山涧溪流的做法。特点是利用后湖水与谐趣园水池的约1米左右的水位差和万寿山山麓原有的山石小峡谷。在引后湖水入口处结合石桥设闸，对溪谷底进行疏导凿通，使细流顺谷潺缓而下，时而击石激起浪花，时而跌落喷薄玉珠，发出铿锵如琴韵之声。在溪峡东北岸结合蹬道堆叠一部分山石，真中有假，设步道飞桥以便游览观尝。水出峡谷后为小浅池，穿过游廊和石桥而入大池。岸旁有巨石垂萝、柏木翠竹和芳草，宛如一幅山水画（图13-1-16）。

壁泉多做成从高处引水入池的出水口处理，



图13-1-17　无锡惠山天下第二泉龙头吐水

如无锡惠山方池龙口吐水（图13-1-17）。

泉源的处理，应以顺应其自然，突出特点为佳。如为山腰山麓石罅流泉，可以山石围成水潭小池，然后顺其泉脉，分层引流，结合地形条件布置成涧溪、深潭和池沼。如为平地的泉流，在建筑庭院则有用条石甃成整齐的长池、方池、或围以井栏，上筑亭盖，如无锡惠山天下第二泉。泉源水量大的可积为广池，如济南趵突泉。泉底一般不加处理，或只铺粗砂。亦有在泉下掘井，沟通地下水以防枯竭，如苏州虎丘山天下第三泉下即有井。

第二节　掇山技术

我国古代园林中的假山，以造景和提供游览为主要目的，同时兼有其他功能方面的作用。至于零星山石的点缀，则称为置石。假山因使用的材料不同，分为土山、石山和土石相间的山，后者因土、石采用的比例不同而又有土山带石和石山带土两种。长期以来，我国历代的假山匠师和工人，吸取了建筑泥瓦作、石作等工程技术和传统山水画的技法，在实践中逐步积累经验，创造了这一门独特、优秀的假山技艺。

假山具有多方面的作用。首先，假山可以作为园林的主景和骨干。如南京瞻园、上海豫园、扬州个园和苏州的环秀山庄等，皆以山为主，水为辅，建筑居于次要的地位，甚至作为点缀，这类园子实际上是假山园。假山的另一作用是作为划分和组织园林空间的手段，如圆明园，以土山分隔景区，颐和园以仁寿殿西面土石相间的假山作为划分空间和障景的手段，苏州拙政园以腰门内假山为障景，远香堂以土山作对景等。特置、散置等山石小品一类的置石还可用以点缀庭院、廊间、漏窗、阶旁、建筑角隅和水边、池中等，具有“因简易从，尤特致意”的特点。除了造景以外，造假山可以平衡挖方；叠山石可作驳岸、护坡、石桥、汀石、花台，还可作石屏风、石榻、石桌、石几、石凳、石栏等用。更值得重视的是，假山的造景作用和实用功能可以巧妙地结合在一起，它具有与园林的其他组成部分，诸如水体、建筑、道路、场地和树木花草组合成丰富多彩的园景的特点。采用和山石相合的形式，可以使人工建筑物自然化，使建筑的人工美通过山石衔接，逐渐过渡和融合到自然美的园林环境中，因此，假山成为表现中国园林最广泛、最具体和最灵活的一种传统手法。

一　土　山

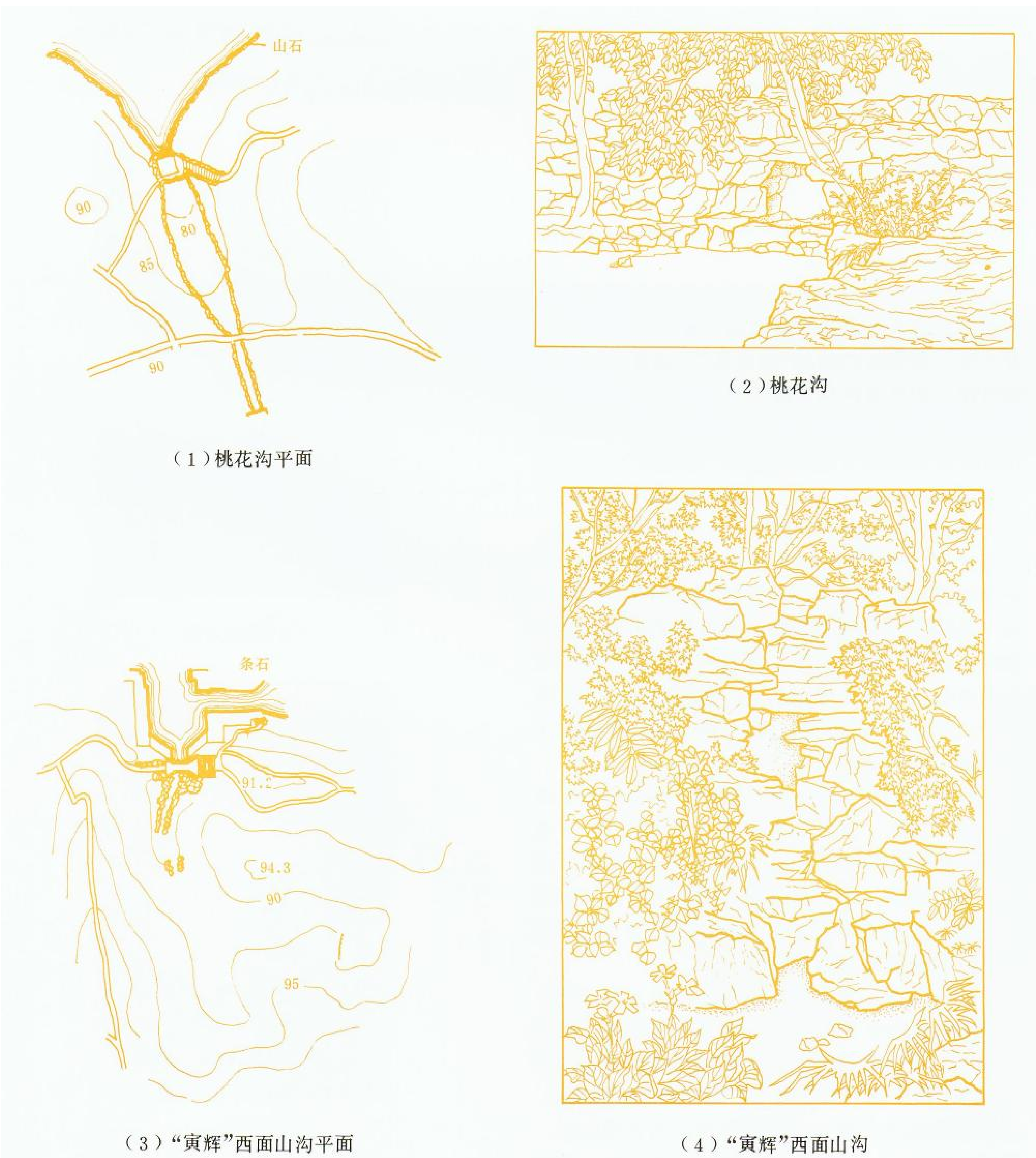
我国人工造山的渊源甚早，秦汉时，首先，在帝王的宫苑中出现了有神话色彩的土山。《三秦记》载：“秦始皇作长池，筑土为蓬莱山。”汉武帝建元四年（公元前137年），太液池中堆了蓬莱、方丈、瀛洲壶梁诸神山。可谓园林土山之始。此后，历代帝王都相为循池中堆山之法。除了池中造山就近平衡一部分土方外，也在陆上造土山。

《汉官典职》载："宫内苑聚土为山，十里九坂。"《后汉书》载，"梁冀园中聚土为山，以象二崤。"说明当时造土山，是仿真山的。南北朝至唐，苑囿园林造山仍以土筑为主。宋徽宗营艮岳，虽开大量用石之风气，但规模较大的园林仍不免开池堆土成阜作为园内地形起伏的骨架。明计成著《园冶》村庄地一节谓："约十亩之基，须开池者三曲折有情，疏源正可。余七分之地，为垒土者四，高卑无论，栽竹相宜。"则又进一步提出山水和地面之间的参考比例数值。

古代的园林在布置土山的同时，也综合地安排了利用自然地面排水的问题，土山之所以忌成坟包状，不仅因为造型呆板，而且由于地面水泛流而下，造成严重的冲刷，影响土山的稳定。为此，土山要有山谷和山脊的变化，地面降水便可以有组织地循谷线而下，顺势排入园中水体。造山必须是"胸有丘壑"，而不可有丘无壑之理亦在此。北京颐和园万寿山后山利用天然的两条谷线开辟了东、西两条排水沟。西边一条名叫桃花沟，汇山水于沟中，循沟而下。沟底和边坡用山石作防护和点缀。出水口用山石做成上台下洞的形式，水自洞中排入后湖。东边的排水沟位于"寅辉"两侧。其上游纳山之东、西和东南三面山洪，形成自然的山涧，利用地形高差做成几层跌水。主要的一层跌水还用山石做成假洞，部分降水成水帘从洞顶泻下，再经几度转折，绕峭壁，穿石桥而归入后湖，这两处山地排水沟，都是在充分利用自然地形的基础上，适当加以改造，并把排水设施和自然水景融为一体，是处理成功之例（图13－2－1）。好的土山往往是前缓后陡，左急右缓。也有于缓中见陡或陡中有缓的局部变化，这和篑土为山的施工过程有关。一般是挑土上山的一面缓，而复篑卸土的一面陡。由于山腰常有安置建筑场地的需要，多作成平台。现存最大之土山为元初建元大都时所筑琼华岛和万寿山（今景山）。琼华岛高约 30 余米，坡度为 1 ∶ 3。景山亦创于元初，明崇祯七年（1654年）实测高十四丈七尺，约合 43 米，坡度为 1 ∶ 2。从现况看，这两座山基本是稳定的。惟景山地面陡处冲刷严重。

在叠石山成风的明、清两代，出现了反对用石过多和主张土山带石的做法。计成在《园冶》掇山篇中说："掬土成岗，不在石形之巧拙"，"结岭挑之土堆，高低观之多致，欲知堆土之奥妙，还拟理石之精微。"清初张涟（南垣）更是反对矫柔造作的一些石山的做法说："今之为假山者，聚危石，架洞壑，带以飞梁，矗以高峰。据盆盎之智以笼岳渎。使入之者如鼠穴蚁蛭，气象蹙促，此皆不通于画之故也。"（《撰杖集》）吴梅村著《张南垣传》载："……盈尺之址，五尺之沟，尤以致之，何异市人博土以欺儿童哉！惟夫平岗小坂、陵阜坡陁，版筑之功，可计日以就。然后借之以石，棋置其间，缭以短垣，翳以密篠，若似乎奇峰绝嶂，累之乎墙外而人或见之也。其石脉之所奔注，伏而起，突而怒，为狮蹲，为兽攫，口鼻含牙，牙错距跃，互决林莽，犯轩楹而不去。若似乎处大山之麓，截溪断谷，私此数石为吾有也。"清代李渔亦喜为土山带石之法，其《闲情偶寄》谓："用以土代石之法，既减人工，又省物力，且有天然委曲之妙。混假山于真山之中，使人不能辨者，其法莫于此。累高广之山，全用碎石，则如百衲僧衣，求一无缝处而不得。此其所以不耐观也。以土间之，则可泯然无迹。且便于种树，树根盘固，与石比坚。且树大叶繁，混然一色，不辨其谁石谁土。列于真山左右，有能辨为积累而成乎？"又说："土之不能胜石者，以石可壁立而土则易崩，必仗石为藩篱故也。外石内土，此从来不易之法。"他们的这些见解，可以从无锡寄畅园中土山带石的假山得到印证。此山为张涟之侄张钺所筑，取惠山东麓之一角建园。掘地取土，为山于池西而居惠山之东，混假山于真山之前。山脚约 2 米高的地带，以黄石为危，使土山在底面积不大的条件下争取到约 4 米的高度。土山之脉向与惠山之走势相顺应。自游廊隔池西望，惠山之九龙峰远障如屏，而假山若惠山之余脉延伸蜿蜒。层次丰富，颇具画论中之"三远"变化。加之土山上古樟蔽日，矾头拱伏，令人莫之山假。清雍正创建之圆明园，总面积约五千亩，于平地上凿水堆山而水陆各约占半。土山又为陆之半，山高二至三丈，陡处砌山石为垣，山上复以树木，所有景区的划分，利用土山和聚散变化的水面来组合，山随水之通达而回转环抱。图13－2－2为圆明园"上下天光"之实测地形图，由此可见一斑。北京颐和园循万寿山北麓开凿后湖，取湖土结岭于湖北岸之狭长地带，假山与真山隔湖而南北对峙，极尽收放、开合、曲折、深邃之变化。两岸交错处山口紧锁，若至尽处，泛舟转折又豁然开朗，加以延伸港汊，架设各式园桥和点缀岛屿，有若天成。图为后湖山水景一瞥，左面是万寿山，右面是假山，又借西山为远景，可谓混假于真之佳作。

从被破坏的一些土山遗址来看，古代园林中的土山一般不作地基处理。体量小的土山采用分层版筑的办法，而大的土山多利用自然沉实。扬州清代瘦西湖中之小金山，由于当地土壤是沙土，又是求在很有限的底面积上达到山势高的景观效果，因此屡堆屡坍，后来采用土壤和木板间层相积的做法，终于求得稳定（见《浮生六记》）。



（1）桃花沟平面
（2）桃花沟
（3）"寅辉"西面山沟平面
（4）"寅辉"西面山沟

图13-2-1 北京颐和园万寿山后山排水沟



图13-2-2 北京圆明园

1."上下天光"；2.慈云普护；3."碧桐书屋"土山布置

二 石 山

(一)选 石

掇石山之初，首先要根据远景和功能的需要考虑选石。从明绘"阿房宫图"中已可见到用湖石作叠置，但尚未见文字记载。又从我国最初叠石山的情况看，多为就地取材或就近取材。如汉代袁广汉于北邙山下构石为山（见《西京杂记》）。北魏茹皓采北邙山及南山佳石，为山于天渊池西等（见《魏书》卷九十三《茹皓传》）。特别是江南盛产体态多变的太湖石，经名人收集，诗人题咏加以宣扬以后，用太湖石造山之风遂盛。由于太湖石的发现，可以满足当时园主移天缩地和欣赏山石象形的要求，因此都竞相采用太湖石。到了北宋末年，宋徽宗命朱勔办"花石纲"，将江南所产奇花异石运至汴梁，兴造艮岳，成为历史上最大规模和最远距离的山石采运。《癸辛杂识》载："前世叠石为山，未见显著者，至宣和艮岳，始兴大役，连舻辇致，不遗余力。其大峰特秀者，不特侯封，或赐金带，且各图为谱。"自宋以后，私园用石亦兴，其中首推吴兴叶少蕴之石林。园居半山之阳，万石环之，其做法并非采取万石，而是因山而剔取。自明代以后，采用山石的品类更广了，除太湖石外，还采用黄石、青石以及各种石笋等。

（1）湖石类：其太湖石出自西洞庭，即苏州洞庭东山、西山一带。《姑苏采风类记》载："太湖石出西洞庭，多为波涛激啮而为嵌空，浸濯而为光莹。或缜如圭瓒，廉刿如剑戟，矗如峰峦，列如屏障。或滑如肪，或黝如漆，或如人、如兽、如禽鸟。好事者取之以充苑囿庭除之玩，以所谓太湖石也。"明文震亨著《长物志》云："石在水中者为贵，岁久为波涛所击，皆成空石，面面玲珑。在山上者为旱石，枯而不润，赝作弹窝，若历年久，斧痕已尽，亦为雅观。吴中所尚假山，皆用此石。"

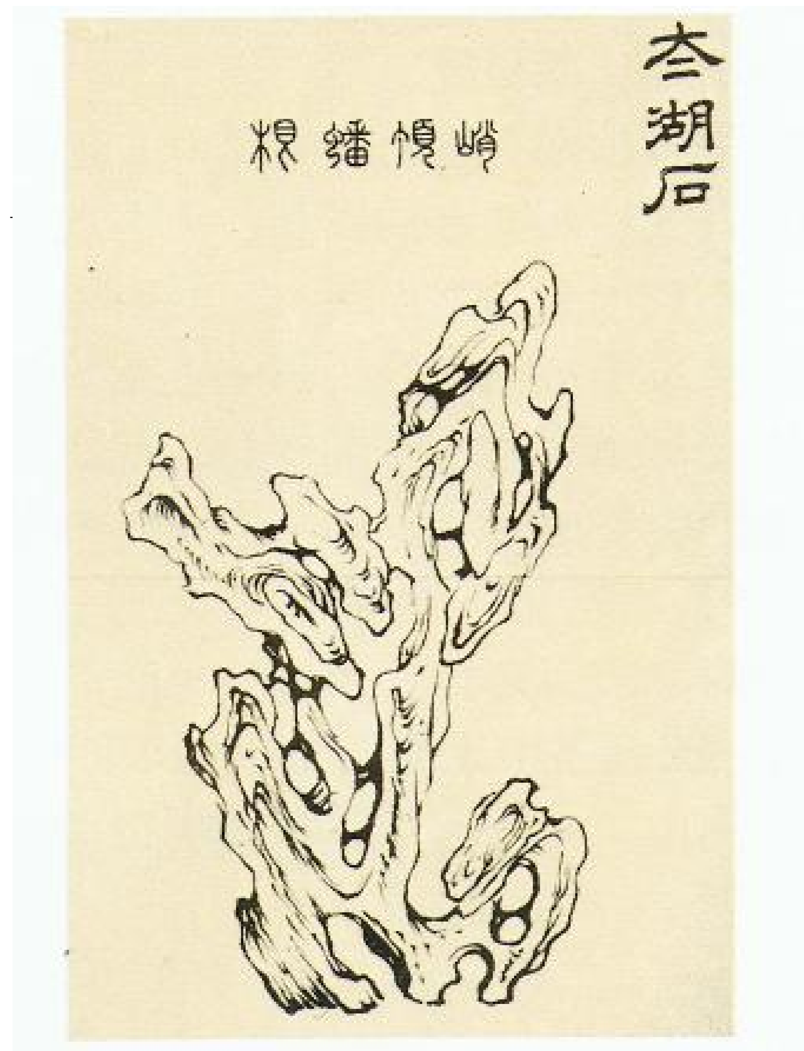
湖石属于石灰岩，水中、山中皆有所产。由于水中含有二氧化碳，对石灰质产生溶蚀作用，冲去了山石表层可溶的部分而产生凹凸，渐深成"涡"，"涡"向纵长发展成沟，向纵深发展成环，环通为洞，遍布沟而成皴纹。涡洞可相套，但洞不一定在涡内。洞边多圆角。皴纹又有疏密、深浅的变化。这就形成了湖石外观柔曲圆润、玲珑剔透、皴纹疏密、涡洞相套的特点。亦为国画中荷叶皴、披麻皴、解索皴所宗的一个来源。图13-2-3为明万历四十一年（1613年）刊于《素园石谱》之太湖石图。现存太湖石之著称者，则有苏州织造府之瑞云峰、石门福严禅寺之绉云峰（此石现在杭州植物园）、上海豫园香雪堂前玉玲珑和苏州留园的冠云峰等。

湖石因所产地区不同又可分为南太湖石和北太湖石。江南各地所产通称南太湖石，其中一种青灰色，多皴纹的俗称"象皮青"。或青灰中夹杂细白纹，如从艮岳运来北京北海琼华岛的一种，就是从江南作为"花石纲"运到汴梁，到了金代又移来北京的遗物（见明宣宗《广寒殿记》），北京大量用的一种湖石，类似太湖石，而产地在长江以北，故称北太湖石。如北京房山县，河北易县，河南张郭，山东泰山、劳山及沿太行山往东一带都有所产。房山所产的湖石俗称土太湖石或房山石，其形体较太湖石为浑，多密布的小孔穴而少有玲珑嵌空。石产土中，因被当地红土所渍，石色呈赤黄色，比重较湖石大。河南产的一种呈淡黄色。北京北海琼华岛北山、静心斋及颐和园夕佳楼等处都是房山石。

江南一带还采用一种"宣石"。此石产于宁国县，其色洁白，多于赤土积渍，须用刷洗，才见石质，或梅雨天瓦沟下水，克尽土色。"惟斯石应旧，愈旧愈白，俨如玉山也"（《园冶》）。清代扬州个园，利用宣石作冬山。宣石体浑而无环洞等变化，也没有挺直棱角线。

（2）黄石、青石类：这类山石属于细砂岩，因含有不同的矿物成分而具有不同的颜色。黄石在华东、华南等地区均产。常州黄山、苏州尧峰山、镇江圌山所产较为著名。黄石是方解型节理，由于水流和风化等造成的崩落都是沿节理分解，形成大小不一、凹凸进出的不规则多面体。其节理面平如刀削斧劈，面与面的交线又成为锋芒毕露的棱线，质地坚硬，型体平正大方，浑厚朴实。常熟虞山的黄石自然景观和上海豫园的黄石大假山均此。图13-2-4为苏州虎丘黄石景观。此为国画之"大斧劈"、"小斧劈"和"折带皴"所宗。

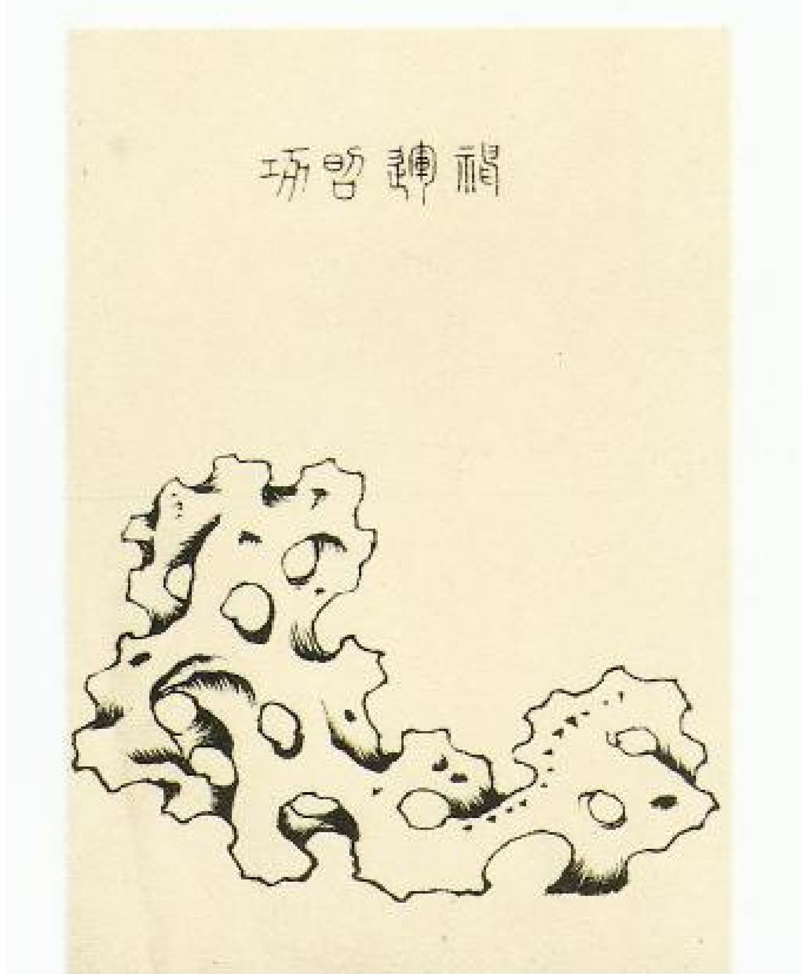
青石的产地也很多。北京所用的多为北京郊区红山口小山所产。青石除了颜色青灰不同于黄石以外，其体型多呈片状，故又有"青云片"之称。青石纹理纵横交错。不象黄石那样规整，节



（1）太湖石



（2）敷庆万寿



（3）神运昭功

图13-2-3 明刊《素园石谱》中之太湖石



图13-2-4 苏州虎丘黄石景观



图13-2-5 苏州网师园之百果笋

理面亦少有方解型，因此青石多以横纹取胜，但也有墩状和竖直取胜的形体。

3.石笋类：这是形体呈笋形或剑形山石的总称，并不限于钟乳石笋。北方也有称石笋为剑石的。石笋皆以竖用取胜，宜独立布置于粉墙前、竹林中，作对景。因石笋形体和其他山石差异很大，所以不宜混用。常见的石笋有以下几种：

百果笋：北方称为子母剑，即在一种青灰或青绿的砂石中夹有白色或其他颜色的卵石。图13－2－5为苏州网师园之百果笋。

乌炭笋：色灰黑如炭，亦有稍带点青灰的，北方有称“慧剑”。由圆明园移到颐和园之慧剑，高可数丈。

虎皮笋：青褐色，产云南。以尺论价，较为稀罕。质较脆。

4.其他石类：岭南园林多用广东英德县所产之英石，具有色深、质坚脆、嶙峋突屹、皱纹深密、精巧别致的特点。多作特置、散点或小型石山。还有一种龙江石，属变质岩，具有斧劈面观。广东潮州一带则采用海边的“石蛋”置石，其形体厚朴、沉实、圆深、古拙，富于岭南园林的地方特色。

至于木化石、钟乳石、珊瑚石之类，仅作室内外之陈设。

以上归类并不是绝对的，不同地区也有同类岩层。而选石总的原则应该是“是石堪堆，便山可采”，这不仅是为了经济，同时也可以充分发挥各地的地方色彩。

(二)采　石

山石有的产于水边、水底，有的半埋或全埋土中。因此开采的方法有所不同。宋代《云林石谱》关于开采深水中的太湖石有如下记载：“采人携锤錾入深水中颇艰辛，度其奇巧取凿，贯以巨索，浮大舟，设木架，绞而出之。”水中采石多为渔人兼工。又谓采灵壁石：“石产土中，采取岁久，穴深数丈，其质为赤泥渍满，土人以铁刃编刮三两次，既露石色，即以黄蓓帚或竹帚兼磁末刷治清润……石底渍土有不能尽去者”。英石产溪水中，“采人就水中度奇巧处錾取”。《长物志》载：“英石出英州倒生岩下，以锯取之，故底平”。《云林石谱》记载采石笋的情况谓：“率皆卧生土中，采之，随其长短，就而出之”。

至于半埋土中之山石，须了解石根之深浅方能确定是否可挖掘出来。有经验的工人以掌拍石，听其声音而推测石根深浅以定取舍。

(三)运　石

石既采出，紧接着就是如何运输的问题。在我国古代运输条件很有限的情况下，却能远距离地搬运很多岿然大块完整的山石，而且可以完整无损地到达目的地。特别是太湖石，质地坚而脆，很多产石的地方并没有道路，非常容易损坏。根据宋代《华阳宫纪事》的记载，所谓“神运昭功敷庆万寿峰”，“广百围，高六仞”，能够安然无损地从江南运到汴京，的确是劳动人民创造的奇迹。《癸辛杂识》载：“艮岳之取石也，其大而穿透者，致运必有损折之虑。近闻汴京父老云：其法乃先以胶泥实填众窍，其外复以麻筋杂泥，固济之令圆混，日晒极坚实，始用大木为车，致于舟中。直俟抵京然后浸之水中，提去泥土，则省人力而无他虑”。《吴兴园林记》载南沈尚书园运石的情况：“池南竖太湖石，三大石各高数丈，秀润奇峭，有名于时，其后贾师宪欲得之，募力夫数百人，以大木构大架，悬纽縋城而出，载以连舫，涉溪绝江，致以越第，凡损数夫”。以上记载生动地说明封建统治者为求己欲，不惜劳动人民的生命和血汗。

我国古代运石的技术包括起吊和水平运输两个环节。

(1)山石起吊技术：主要是运用起吊木架、滑轮和绞盘组成各种起吊的木构机械，结合人力进行起重的。由于石材体量不一，起吊的构架又分为以下数种。亦即《园冶》所谓“随势挖其麻柱，谅高挂以秤竿”所概括的做法。

1)秤竿：假如有石重五百斤欲起之使高，先用立架一具（图13－2－6），一人之力即可起之。图13－2－7为“大秤”起吊的做法，用于施工现场，其构架用杉篙扎成。这种大架可放数个秤竿同时起重。起重量较大，扎架费工而不易搬动。踩盘可以供人上去操作。更重的山石可以用两个“大秤”，各伸出几个秤竿共同起吊一块山石。从流传下来的经验看，以三角架较为稳定，而且可以用不同高度的支柱来适应复杂变化的地形。

2)滑车：最初是用檀木外包熟铁皮制成的一种滑车，称为“舟”。用一个滑车叫做“舟一”，并用两个滑轮叫做“舟二”，一般多至“舟三”。后来从木滑车改用铁制滑车。滑车也是木架支撑，以人力绞盘为动力。

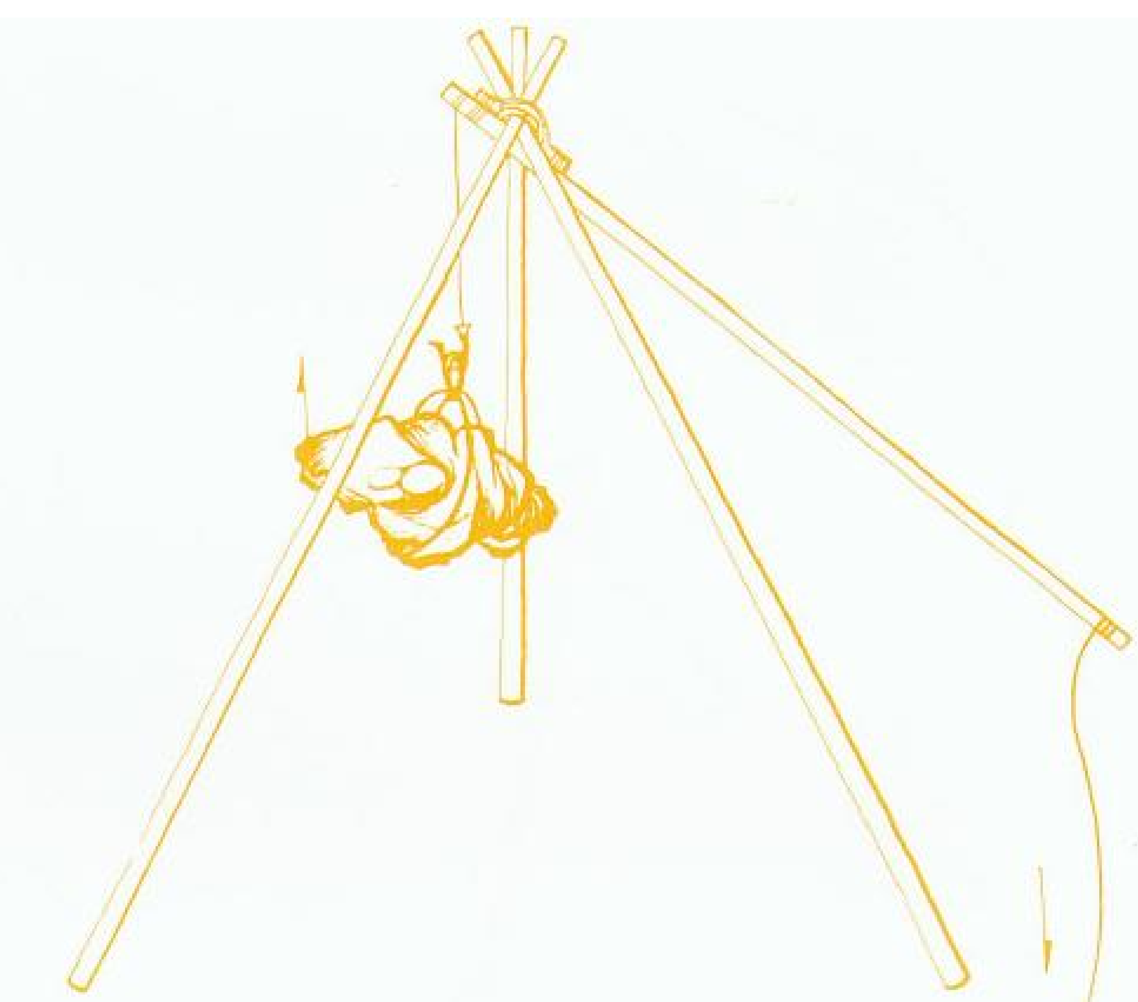


图13-2-6 秤竿

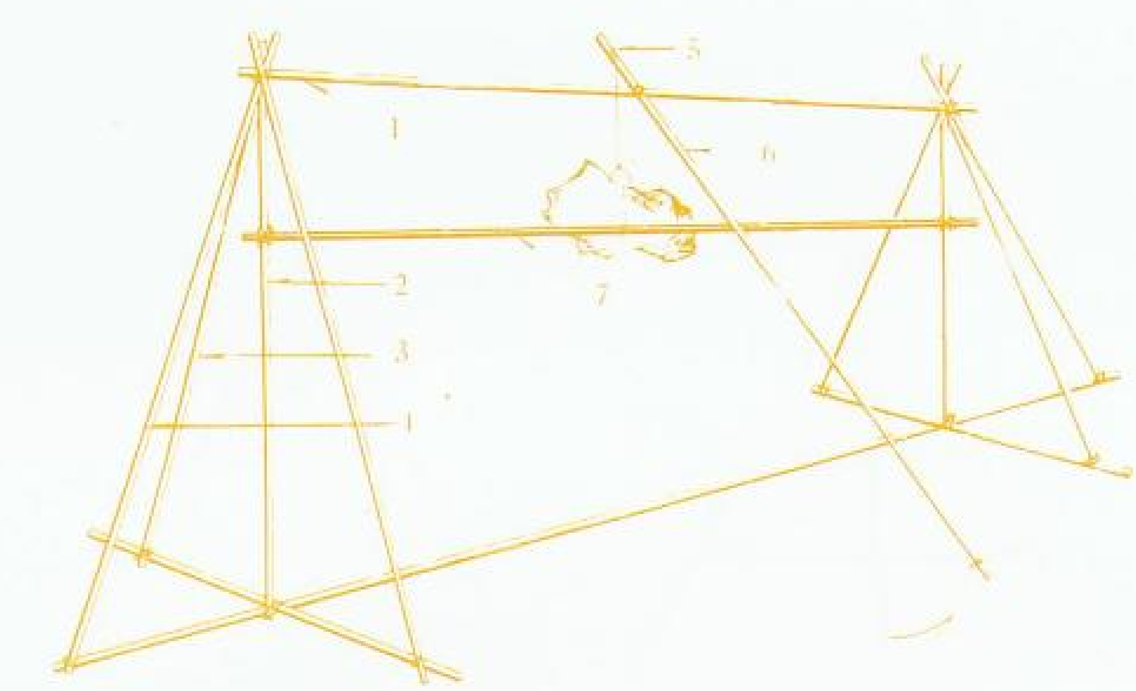


图13-2-7 大秤示意

1.承座；2.木撅；3.檄木；4.迎门；5.秤头；6.秤杆；7.踩盘

3)龙门扒杆：是用两根杉木做成的轻便支架。先将两根木柱并铺地面上（图13-2-8），用双元宝扣套上两根木柱之顶端，以绳之一端绕二木柱数圈，再往两根木柱头上各套一圈后放于一侧。另一绳则只在一根木柱头上套一圈。支架竖起以后，这两根绳都用木桩固定。在二柱交叉处挂上滑车即可起重。龙门扒杆较三角架更为灵活，在两杆牵绳稳妥地放长一点后，支架可作一定程度的倾斜。并用前拉后推的办法。利用这点倾斜，可作1—2米的水平移动。

另一种稳定支架的方法是四面有牵绳固定在桩上。如果在很小的空间里要起吊体量很大的石

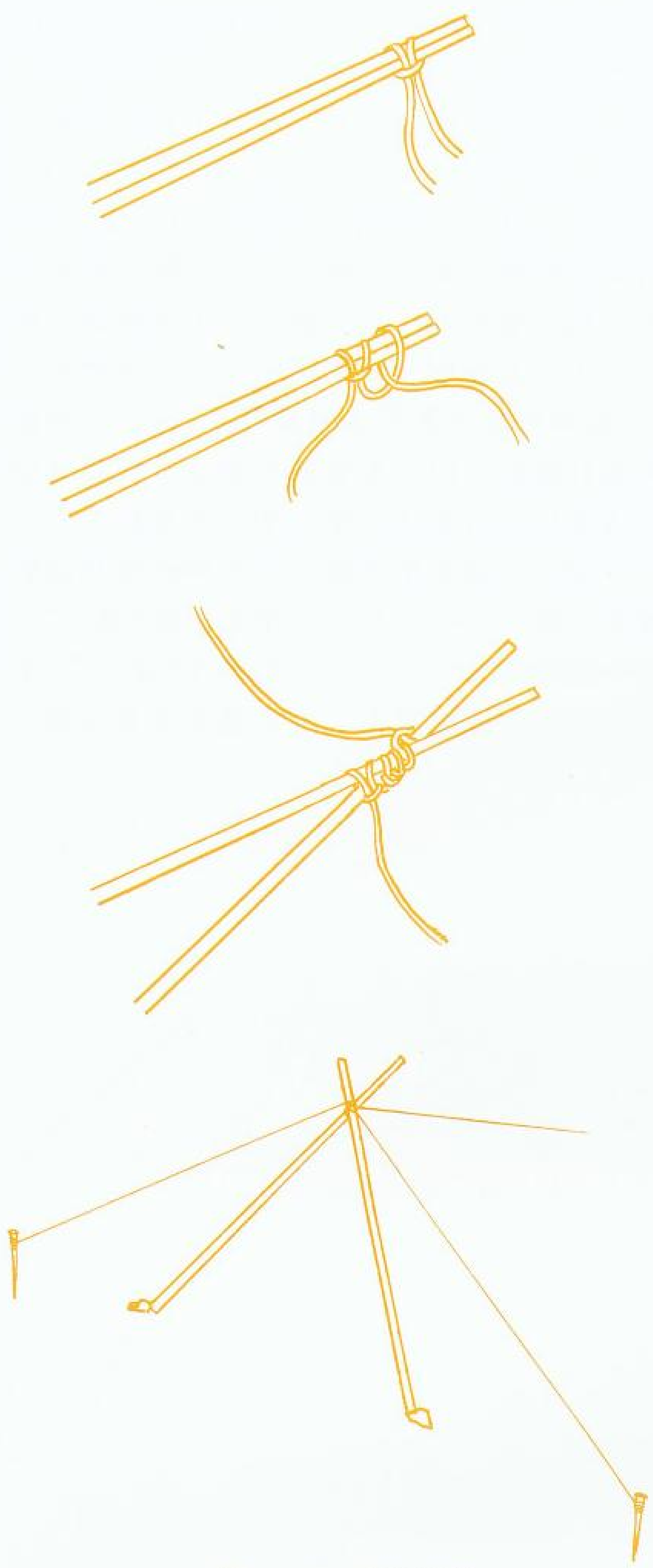


图13-2-8　龙门扒杆

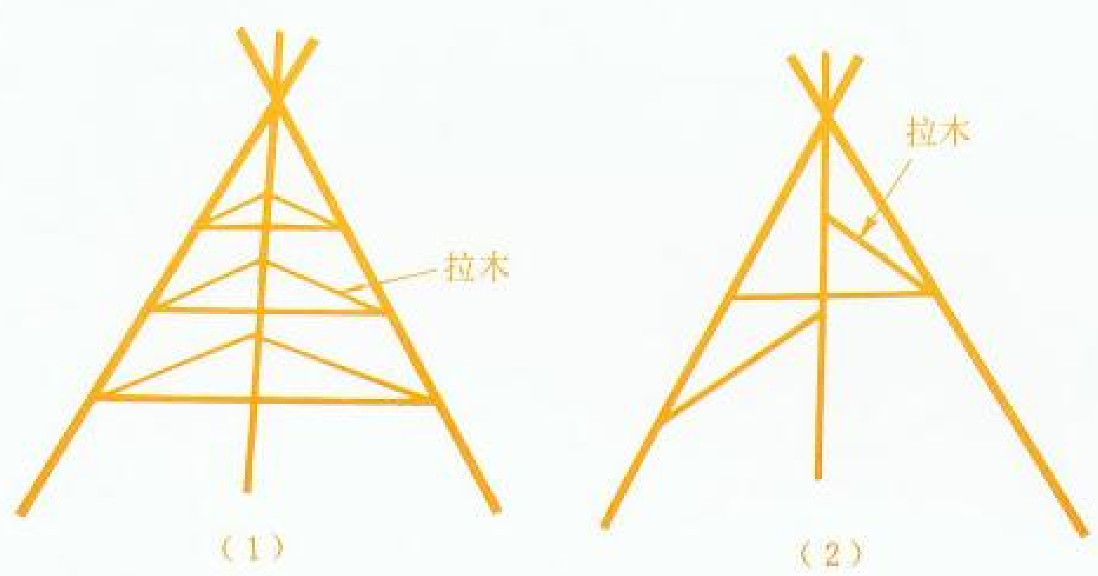


图13-2-9　三角支架

（1）分层式；（2）退阶式

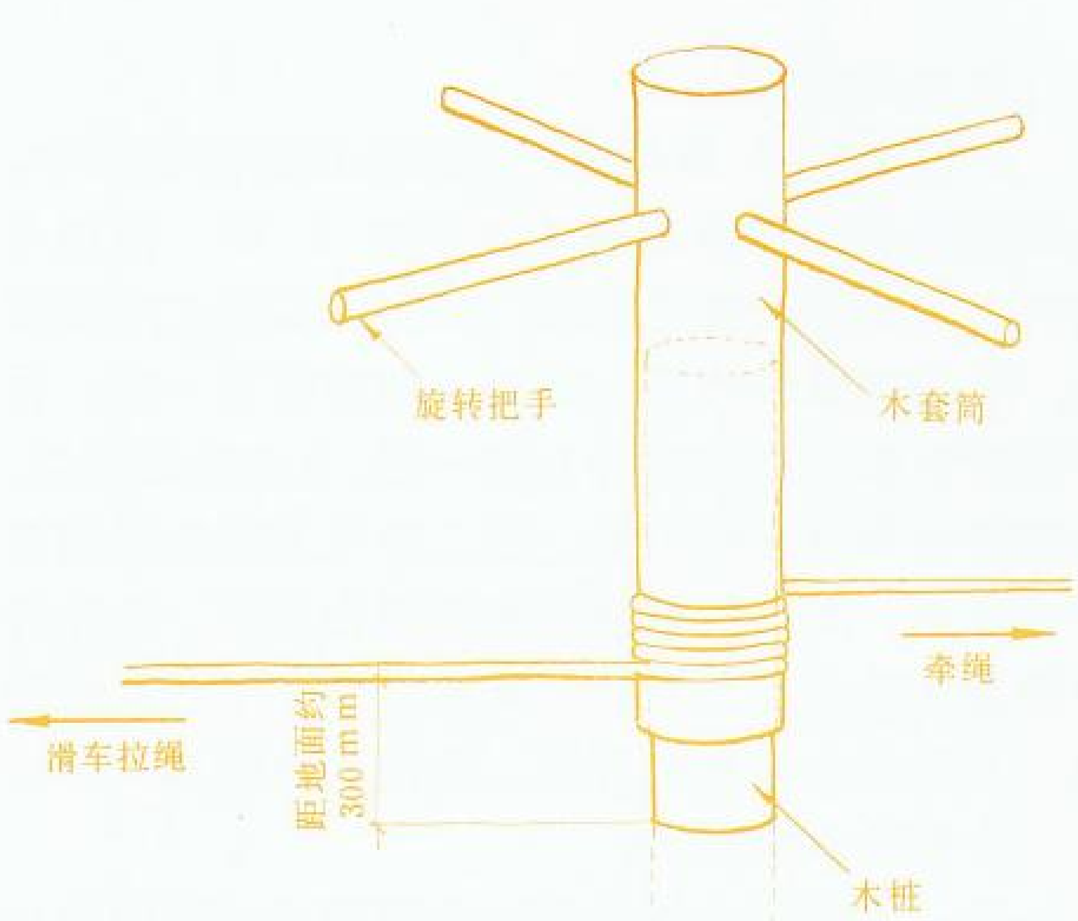


图13-2-10　木绞盘示意

峰，也可以用巨大的独杆起重。独杆置于垫板上，基础加固，四面以牵绳固定，配以滑车，绞盘便可使用。

为了加固三角支架，可以在木支架上加拉木。拉木又有分层式和退阶式两种（图13-2-9）。

（2）引重技术：古称“引重”，即今之水平运输。石的水平运输大致上可以分为大搬运、小搬运和“走石”三个阶段。大搬运是从采石地点运到施工堆料场。小搬运是从堆料的地点运到放置这块山石的大致位置上。“走石”则是在运输过程中或将山石放到大致确定的基本位置以后，为了在结构和外观上使山石放在最理想的位置，使山石作很短距离的平移或转动。

1）“木地龙”：“木地龙”又称“旱船”，亦即古代所谓“大木为车”的做法。我国古代山石的大搬运多利用水运。这就是“便宜出水，虽远千里何妨”所总结的道理。如清代之扬州亦借盐船空返之便，装运山石以压船。既抵码头，则必须按以陆运的工具。一般不大的山石可以辇载，巨大的山石则往往是用“木地龙”配合滑车绞盘等来完成的。如苏州留园的“冠云峰”就是利用“木地龙”从码头上岸过河桥而抵留园的。

“木地龙”采用坚实的巨枋两根，大头向上翘，小头略向上翘，二枋平行而设，枋间距离略小于所运山石的底宽，枋下设滚木若干，滚木下垫以厚木板，木板厚度力求均匀而上表面平滑，拉绳系于枋首，前拉后撬，并可利用滑车、绞盘，节省人力。转变方向时斜置滚木以逐渐折转。上坡时每拉动一次间歇时要马上在后面下坡方向垫以坚实而成斜面的小木枋以防止倒滑。下坡时将木枋一步步地垫在前面下坡的方向。绞盘也可以配合下坡时向上坡方向稳定而逐渐放绳，以免下坡冲力过大而失去控制。

2）绞盘：辘轳和绞盘一类的工具最初都是木制的，后来在着力的部位包以熟铁皮。绞盘既可用于起吊，又可作水平拉力，如图13-2-10所示，绞盘中心有底柱打入地下以作稳定，木柱上套上一个木套筒。拉绳从山石系绳点通过滑车水平拉至木套筒下端，用人力转绞盘，拉绳在木套筒上由下至上绕五圈后由另一人牵引。每圈绳之间必须一一平接，绝对不能重叠挤压，以免绳子被压断而造成危险。

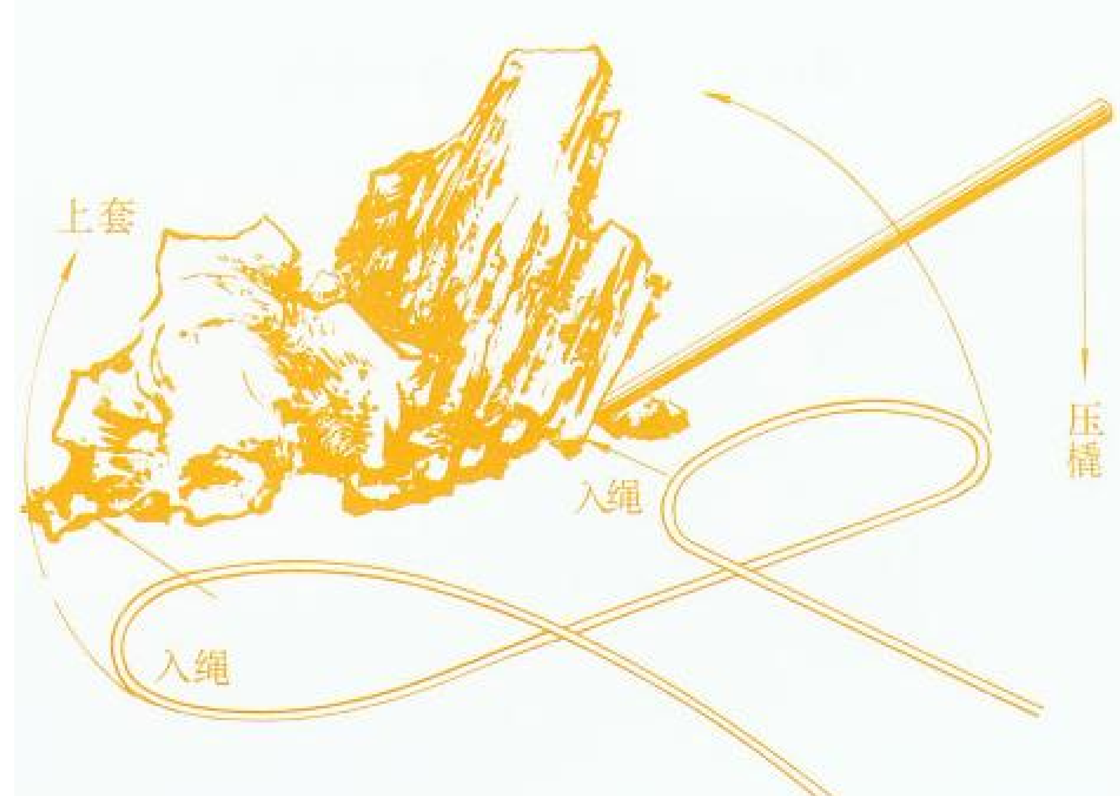
3）人工抬运：我国古代大量山石的小搬运都是用人力抬运，历代假山工人在长期劳动实践中创造了一套安全操作的方法。

绳扣

要求易结活扣、受力后牢实，拆下时易解。常用者有：

元宝扣：江南一带称为“兔耳朵”。元宝扣是在运石中使用最为广泛和方便的一种绳扣（图13-2-11），根据山石的长度先结一个双元宝扣于山石两端，然后用铁撬棍撬起石端使绳圈套入。令绳力均匀地抓住山石，绳力汇合点在石之重心位置。收紧后，左手执左绳，左绳向左曲成双股。右手以右绳由前至后，从上到下地在双股左绳上绕两圈。用左手姆指和食指引第二圈绳向左从第一圈绳下过去。再配合右手拉出原左绳之双股转折处即可结成。抬杠从两只“兔耳朵”中穿过。这个扣的优点是可以因行走的地形不同而随意调整抬绳的高度。因为在山石着地时，绳之两端和两只“兔耳朵”之间的长度可以相互调整。而一旦抬起以后扣就因石之自重而压实，绝对没有松扣或滑移的危险。

起吊竖长石峰的绳扣——“戴帽扣”（图13-2-12）：立竖峰多俊之上大下小。用绳先结一个一段的活扣，以活扣一面有结、一面无结之底圈套住石之大头适当部分。套时最好找到石上之凸出部分而系绳于其下。这时将两边的绳向石之大



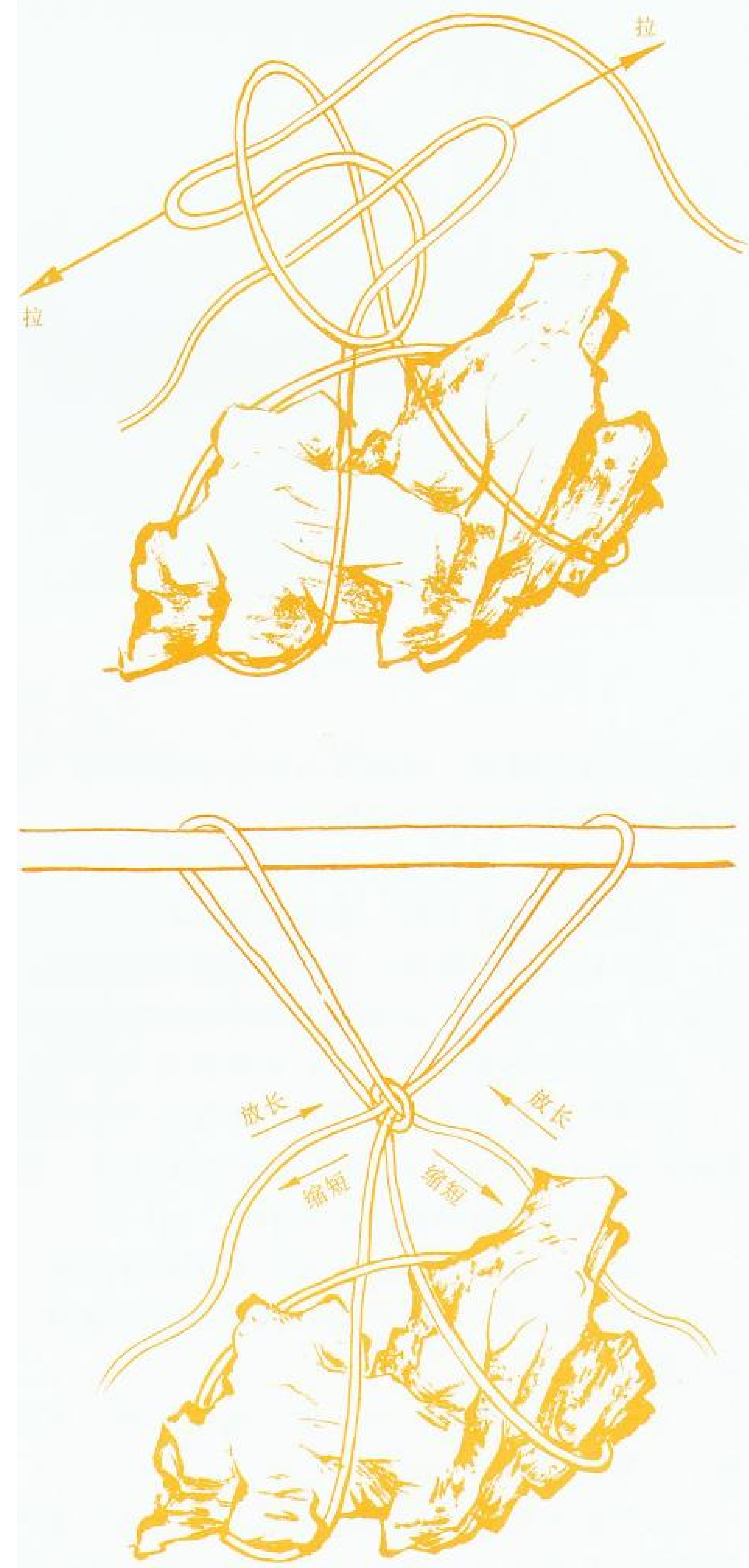


图13-2-11　元宝扣

头方向拉。以其中未成结的一端由下而上地穿压在石之大头顶上绳之下。再与另一绳结一死扣，然后再结元宝扣便可牢牢地抓住石之顶峰。

"鸭别翅"：这是用于扎架起头或当石吊空中需要水平拉移时。如图 13-2-13 所示，一般压一道即可。也可再加别一次更为牢实。

杠抬

《园冶》谓"绳索坚牢，杠抬稳重"。除了绳扣已如上述，在旱季如绳子过干还须浸水防滑和拉断。杠抬如图 13-2-14 所示。可分为直杆杠抬、加杆杠抬和架杆杠抬，以适应抬运不同体量和形状山石的要求。图上黑点表示人的面向。抬杠时均用碎步，前后协调。

北京地区抬运二百斤以上的山石，有用"对脸"的抬法。即抬工对面而立，一方前进，一方后退，这样可以双方都看到所抬的山石，以便用力协调和均衡。不致因一方看不见山石而容易产生砸伤。如果运距长而平坦，也可以采用对脸起杆，起杆后再"倒肩"，即退后的一方改为前进。倒肩必须严守顺序，由杆端开始向内，一一倒肩。江南一带抬工往往两人都面向前方，横杆而抬。南方有抬者两人脸皆向前，用横杆抬的方法。

过重的抬杠周围应有专人引路并将肩臂给予抬者支扶，并有专人按住山石以防撞击抬者。

上下坡道时，应有人在杆端推和拉，如石底着地，则马上"回杆"，收缩绳扣后再走。

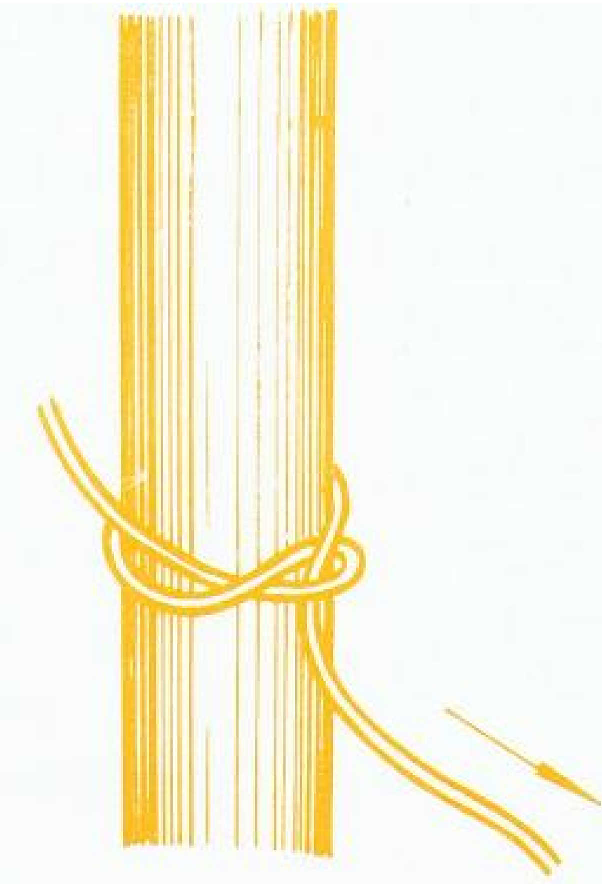
3)走石法："走石"在江南一带称为"撤山"，就是用铁制撬棍利用杠杆原理翻转和移动山石。撬棍从 30 多厘米到 1 米多长，长撬用于运石，走石用的撬棍 30—60 厘米即可。用撬基本方法见图 13-2-15。在撤山的过程中，操撬之前必须检查立足之基石和走石之底面是否稳固，否则因操撬而陷落基石是很危险的。如石之体量大，可二至四人对脸而蹲，左手扶石，右手掌撬把并注视撬口。扶石为的是及时察觉石之稳定性和走向，注视撬口为了保证撬口咬稳石体，避免"脱口"伤人。走石动作宜缓不宜急，尽量避免振动和大幅度摆动，以免失去控制，造成事故。

（4）相石：相石是在已选用的石料内更具体地考虑哪一块山石用于哪一个位置。《园冶》所谓"取巧不但玲珑，只宜单点，求坚还从古拙，堪用层堆。须先选质，无纹俟后，依皴合缀，多纹恐损"，都是相石的内容。相石和立意也是分不开的，对于掇山的成败影响很大。山石运进施工现场以后，必须散置平放而不可层堆，就是为了相石的需要。

明代《海岳志林》载米南宫相石法，"曰瘦、曰秀、曰皱、曰透"。清代李渔在《闲情偶寄》又作了具体的说明："言山石之美者，俱在透、漏、瘦三字。此通于彼，彼通于此。若有道路可行，所谓透也。石上有眼，四面玲珑，所谓漏也。壁立当空，孤峙无依，所谓瘦也。"其实，山石因种类不一而审美的观点也不同，李渔所讲的只是太湖石一类的个体美。就掇山而言，更应着眼于套体，着眼于概括和提炼自然石景。就石灰岩岩溶景观而言，个体美并不很好的山石也可以拼成为组合单元如洞、岫、沟、环和裂隙等自然景观。苏州环秀山庄之所以并没有什么奇峰怪石，却具有整体感很强的自然外观，因而获得一致的好评，这和相石得法、用石得体是分不开的。至于黄石和青石一类山石，按照真自然景观的特点，充分发挥其顽夯、浑厚、挺拔、雄劲和棱角分明等特点。如果用黄石去追求透、漏、瘦，则会弄巧成拙。



图13-2-12 戴帽扣


图13-2-13 鸭别翅

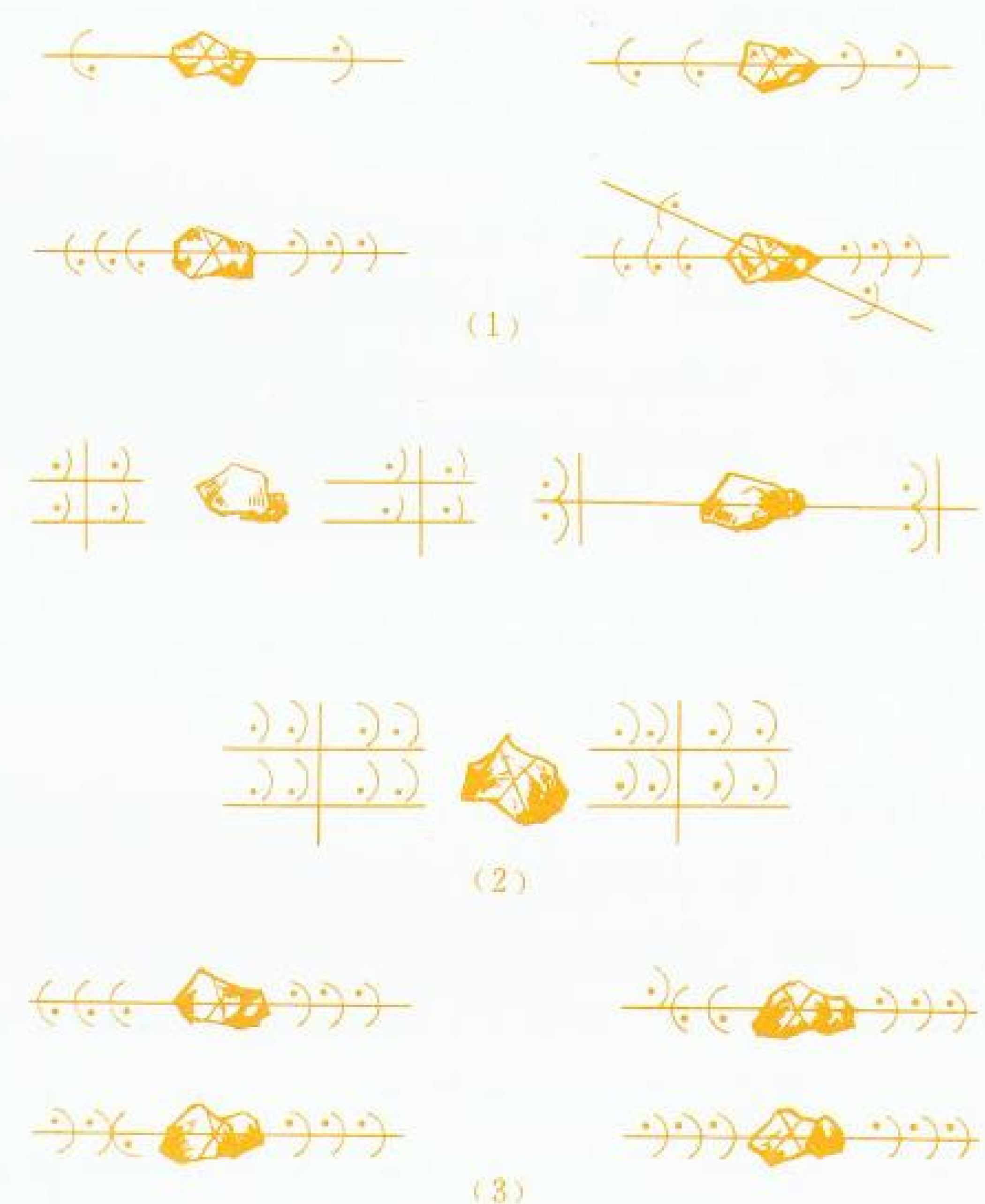


图13-2-14 扛抬

（1）直杆式；（2）架杆式；（3）倒肩

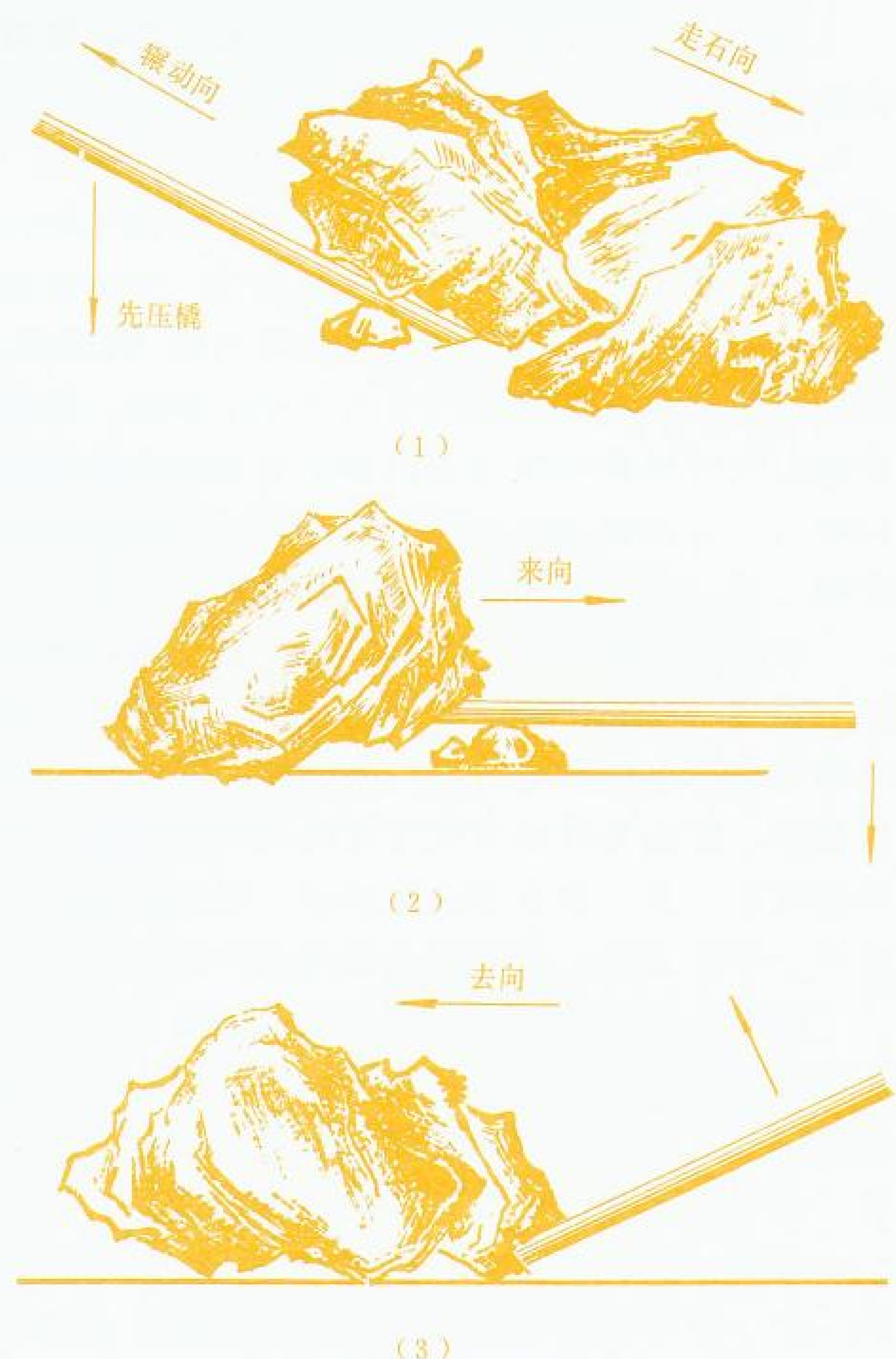


图13-2-15 撤山

（1）辗撬；（2）踩撬（吻撬）；（3）扣撬

相石下了功夫，到掇山时便可胸有成竹，有条不紊地进行施工。《撰杖集》“张南垣传”中记述了清初张南垣相石有术的情况：“涟为此技既久，土石草树咸能识其性，每创手之日，乱石如林，或卧或立，涟踌躇四顾，主峰、客脊、大礐、小磝皆默识于心。及役夫受命，与客谈笑，漫应曰某树下某石可置某所，目不转视，手不再指，若金在冶，不假斧凿，人以此服其精”。《梅村家藏藁卷》谓张南垣“山未成，先思著，屋未就，又思其中之设施……甚至思杆结顶，悬而下缒，尺寸勿爽，观者以服其能也”。都是指事先筹划的功夫。

古代匠师对相石极为重视，因此流传了一句行话，叫做“叠山之始，必先读石”。也就是对山石进行多方面的观察，因材制宜地安排具体位置。可从以下几方面着眼：

质地：掇山应按各类山石所具有的成岩和演变的特征，将同一质地山石结合在一起。即使有特殊需要，也要将异质的山石分放在不同的空间或视域内，否则就违反了自然规律。因同一类山石也会有差别，故尽可能将质地相近的放在一起，这不仅为了取得合乎自然的外观，同时也便于结构上的安排，如风化得很厉害的山石不宜作承重用等。

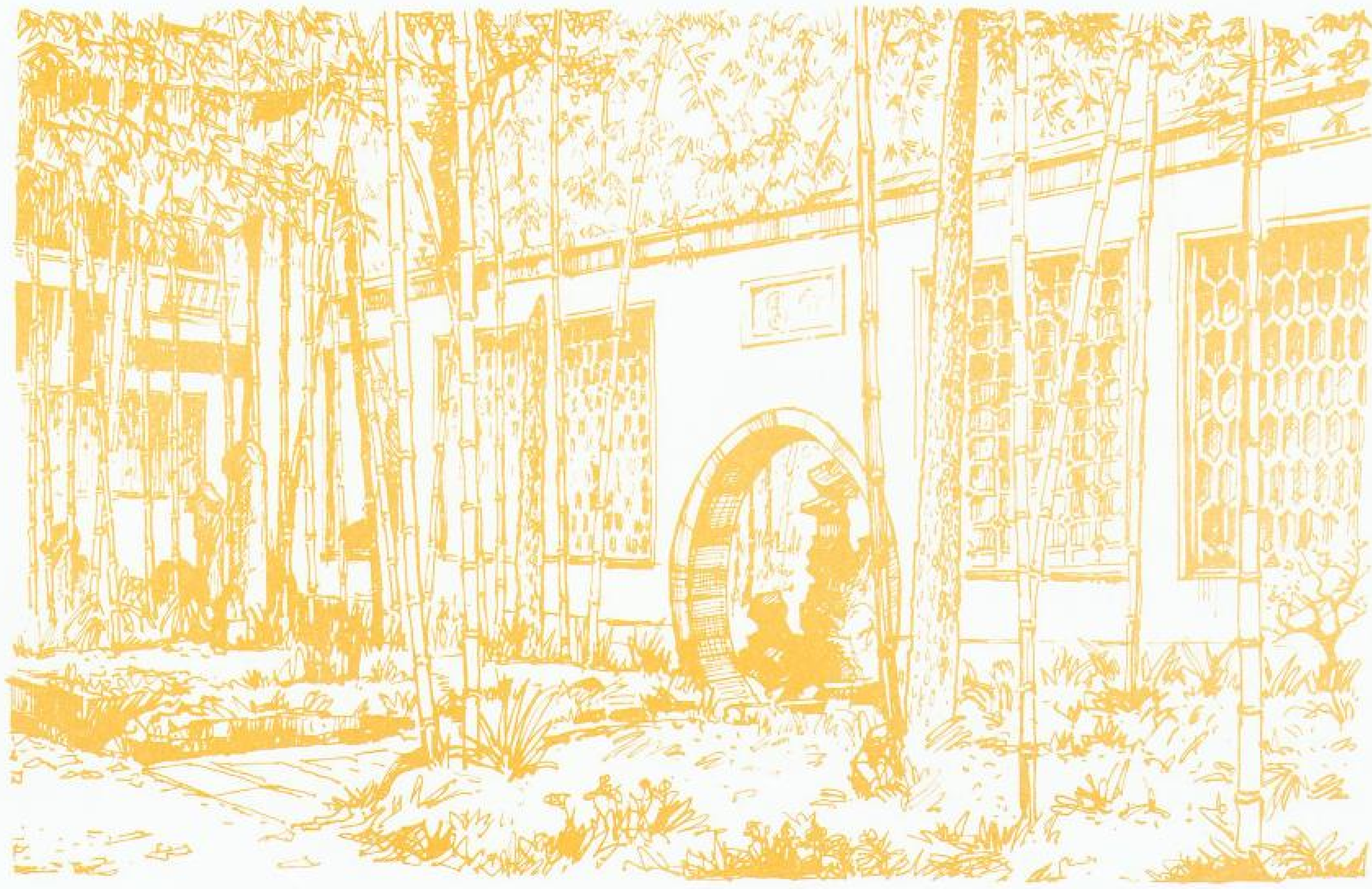
体态：体积大的多用于做峰或压洞顶等显著的位置，小的可用作拚料。形状大致分为条形、板形、拱形、墩形。条形或竖用或出挑架梁等。板形可用作石矶、山石几、案面，或砌台阶和铺砌地面。墩形可散点或叠作洞柱、汀石、石榻、石凳等。拱形石用于架洞顶梁。楔形石用作拱券结构的洞或桥涵。重量大的用于平衡出挑的后压石。姿态好的用作特置、峰峦、洞口、飞梁底部，差的用作水位线以下、洞内暗处和垫衬的材料。

皴纹：《园冶》谓：“方堆顽夯而起，渐以皴纹而加”。明代龚贤《画诀》说：“画石外为轮廓，内为石纹，石纹之后方用皴法，石纹者皴之现者也，皴法者石纹之浑者也。”假山在结构上和真山的区别，在于真山成岩以后是“化整为零”的演变过程，假山恰恰相反，是用山石“集零为整”的过程。山石本来是从具有皴纹的石山上采下来的，因此在掇山的时候就必须仿照自然山石皴纹的规律加以组合，否则便会象李渔所指出的人工堆石山的弊病一样：“如百衲僧衣，求一无缝处而不得”。

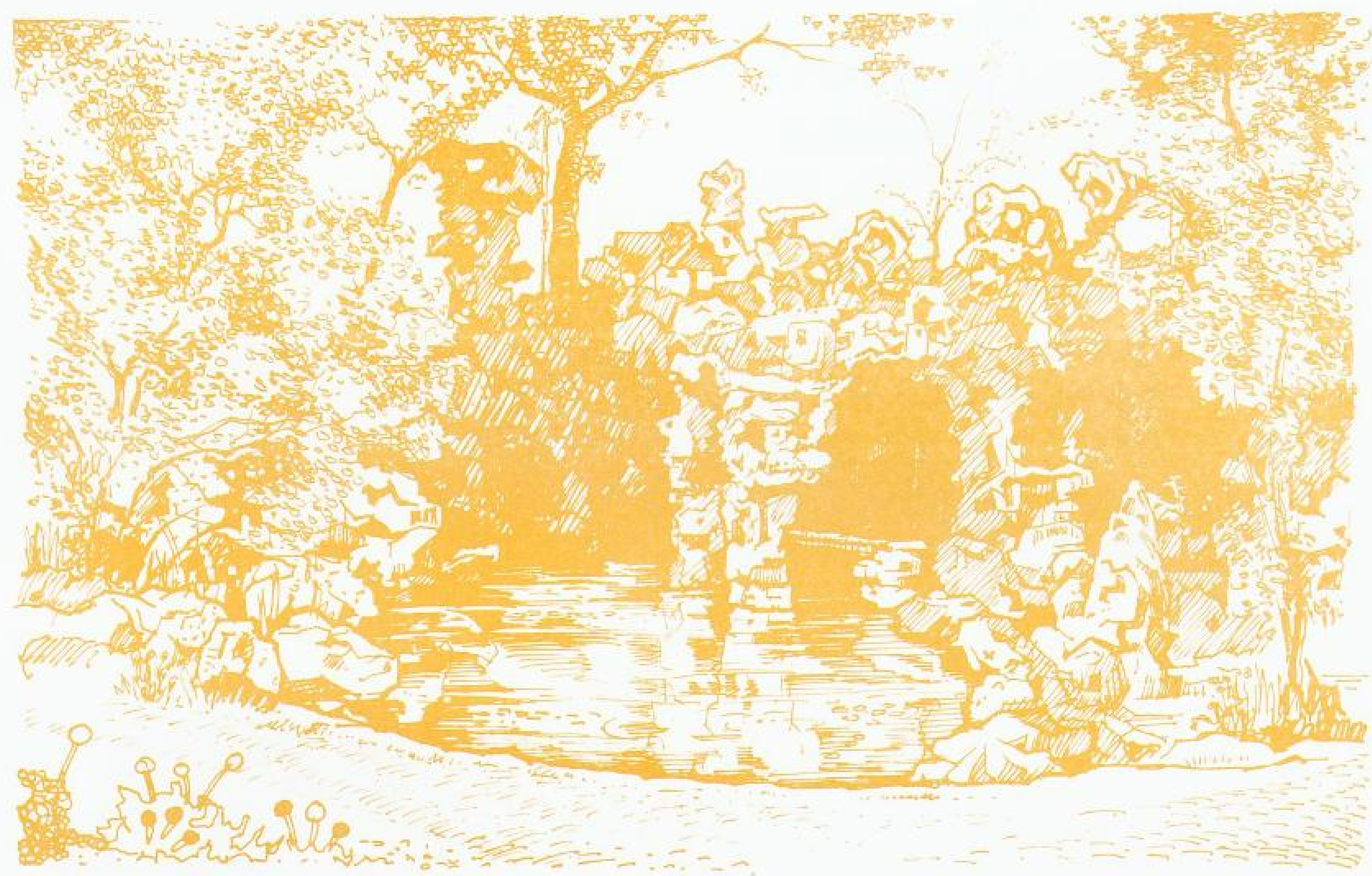
中国山水画总结了多种皴法，其中可作掇黄石、青石一类假山借鉴的有大斧劈、折带皴。可作湖石类借鉴的有荷叶皴、披麻皴、解索皴。应当指出，假山要做出皴纹变化是很不容易的，如果更简化一点，至少要分出横纹、竖纹和斜纹。可以一种纹为主，再辅以其他纹理的变化。

阴阳向背：自然山石由于所处的位置不同，长期经过日光照射形成阴阳向背的变化。阳面色淡而枯涩，阴面色深而滋润，常有附生的苔藓之类，掇山时要尽可能反映这种自然的特征。

色调：同一种类山石在色调上有很大的差别，产于水中之湖石色白而润，长期裸露在地表石灰岩表面呈青灰色，也有整体青灰的“象皮青”，有的湖石被有色山土所渍而各具其色。因此，掇



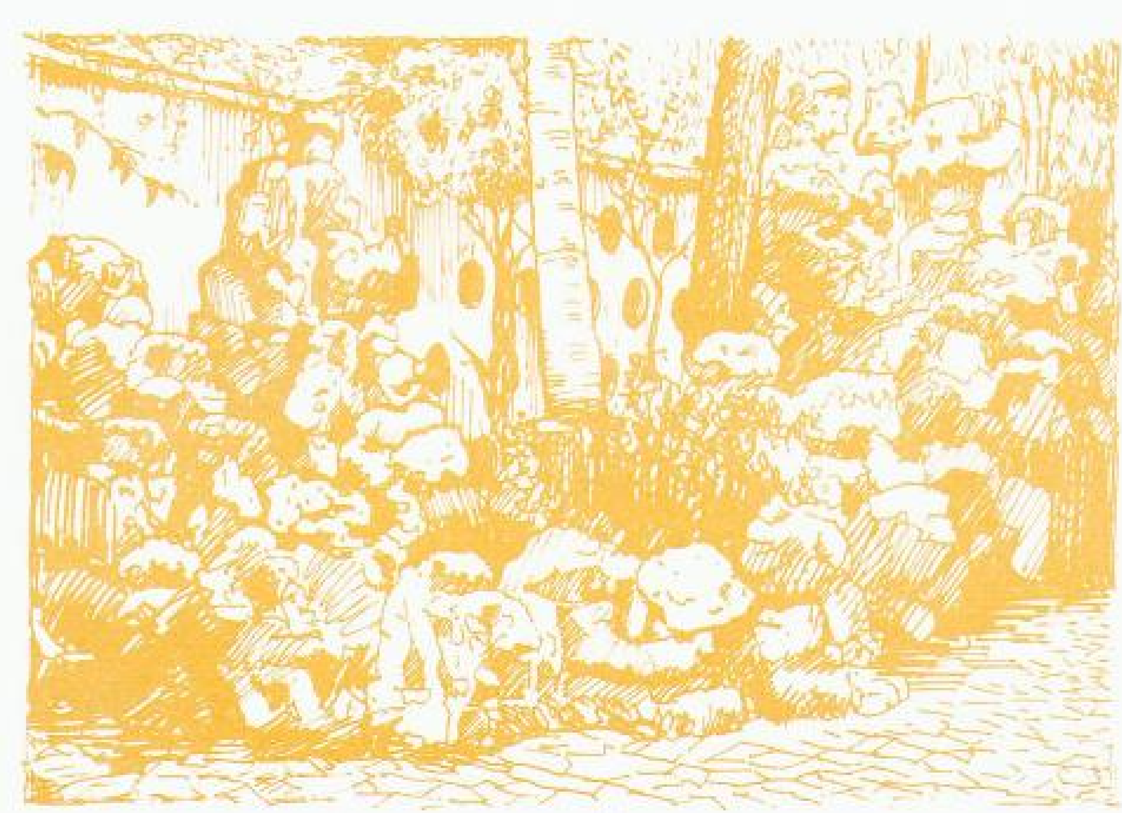
春景



夏山



秋山



冬山

图13-2-16　扬州个园四季假山

山时要善于利用这些色彩上的变化，把相近色放在一起，再逐步过渡到另一色度。扬州个园用青绿的石笋配合竹丛，寓意“雨后春笋”，点出春意；用白色太湖石配合蔽阴乔木作“夏云”的收顶，点出夏意；用黄石和有秋色叶的树种点出秋景；用下暗顶白的宣石配合腊梅，点出冬景，而组成四季假山，是运用山石质地和色彩造景的佳例（图13-2-16）。

（5）置石和掇山

1）布局：置石是以少量山石作点缀，以欣赏山石为主而不要求具备完整的山形，可观而不可游。掇山则是以大量的山石掇成具有山形变化的假山，山中有山路，可观可游。无论置石或掇山，都不是一种单纯的工程技术，而是融园林艺术于工程技术的专门技艺。历代的假山匠师有不少兼工绘画或由绘事而来，如明代之计成、清代之石涛和张南垣等皆是。阚铎在《园冶识语》中谓“盖画家以笔墨为丘壑，掇山以土石为皴擦，虚实虽殊，理致则一”。掇山必须是“立意为先”，而立意必须掌握取势和布局的要领。概要而言，可归纳如下几点：

①“有真有假，做假成真”是《园冶》论掇山至要之理。要达到“虽由人作，宛自天开”的境界，必须以写实为主，结合写意。从极为丰富的自然山景中概括和提炼其精髓加以局部夸张，力求李渔所谓“一卷代山，一勺代水”的效果。在结构上则要保证稳定牢实。真山的岩石种类是相同种类分布在一起的，因此假山用石要统一，忌混用在一起。

山水结合，主次分明。宋代李成《山水诀》谓：“先立宾主之位，次定远近之形，然后穿凿景物摆布高低”。山水是远景的骨架，二者相得益彰。山水之间主次分明，如苏州拙政园以水为主，而环秀山庄以山为主。北京颐和园后湖因山口紧锁而水面收缩等。

先定轮廓，再理精微。李渔说：“先有成局而后饰词华”，是谓造山的章法。要根据环境首先确定假山的内容和作用，并具体制定山之体景和轮廓。要求“远观势、近看质”，峰、峦、岭、谷、壑、穴、岫、洞、悬崖、台、飞梁、汀石、泉、瀑、溪、潭、涧、池，都要俨如自然。

“独立端严，次相辅弼”。就假山本身而言，无论整体或局部都有主次。布局时先定主峰的位置和体量，再辅以次峰和配峰。“主峰最宜高耸，客山须是奔趋”。“主山正者客山低，主山侧者客山远。众山拱伏，主山始尊，群峰互盘，主峰乃厚”。即使散置山石也要大小相间、顾盼呼应。龚贤《画识》谓“石必一丛数块。大石间小石。然后联络，面宜一向，即不一向亦宜大小顾盼。石小宜平，或在水中，或从土出，要有着落”，“石有面、有肩、有足、有腹，亦如人之俯仰坐卧，岂独树则然乎”。

三远变化，步移景异。宋郭熙《林泉高致集》说：“山有三远，自山下而仰山巅，谓之高远；自山前而窥山后，谓之深远；自近山而望远山，谓之平远”。又说：“山近看如此，远数里看又如此，远十数里又如此，每远每异，所谓山形步步移也。

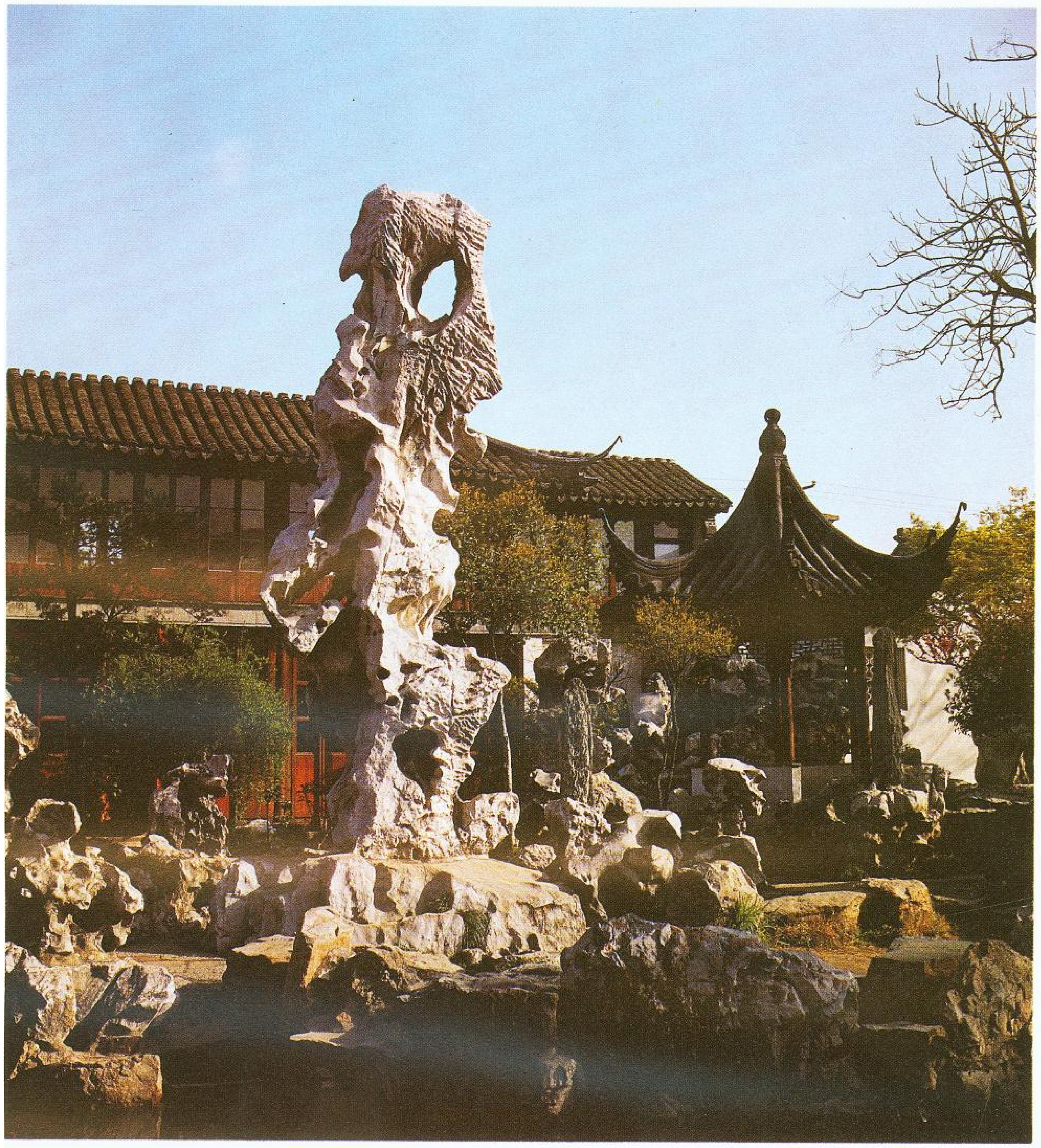


图13-2-17 苏州留园之特置山石——冠云峰

山正面如此，侧面又如此，背面又如此，每看每异，所谓山形面面看也。如此是一山而兼数百山之形状，可得不悉乎”。假山多近、中距离观赏，须运用“以至近求极高”的手法方可奏效。

②因地制宜，景以境出。我国假山既有统一的民族风格，又有不同的地方特色。因此要结合材料、功能、建筑和植物的特征，以及结构等方面考虑，做出所在地区特色来。景以境出是根据不同的环境设景，根据空间的特征掇山。如厅堂多面观景，书斋闭锁宁静，楼台以山为梯，阁山便于登眺，峭壁山“借以粉笔为纸，以石为绘”等。既满足使用功能的要求，又可成景得景。空间大小不一，安置山石要有合宜的尺度和比例，要有整体感。

③寓意于山，情景交融。就是说写诗情、立画意于山，以达到“片山多致，寸石生情”的效果。在历史上最初是赋形题咏，如唐代李德裕平泉庄之做法，逐渐用于假山峰石之象形，后来又发展到寓意于山。除象形之寓意外，还有寓四时景等做法。其中有些矫揉造作或是反映封建迷信的糟粕，应当剔除。其中取自自然的寓意可批判地吸取。

④对比衬托。利用周围景物和假山本身，作出大小、高低、进出、明暗、虚实、寂喧、深浅、曲直、缓陡等对比而统一的变化。

2）置石

①特置。江南一带称为立峰。这是山石的特写处理，常选用单块、体量大、姿态富于变化的山石。也有将好多山石拼成一个峰，例如苏州小灵岩山馆诸峰。特置相当于树木的孤植，这种山石如果混用于一般则会埋没特点。宜用做障景、对景和局部构图中心。亦可置于路之尽端或转折处，以及其他视线集中的庭间、池中或地穴、漏窗之中。如苏州留园以“冠云峰”（作为东部的构图中心）（图13-2-17），北京颐和园仁寿殿和仁寿门之间的特置以及乐寿堂前的“青芝岫”（图13-2-18）等。

特置山石的体量须与环境相称。从前置框景看过去要障中有露，引人入胜。忌因石之体量过大而产生壅塞、压抑的感觉。扬州瘦西湖用小峰

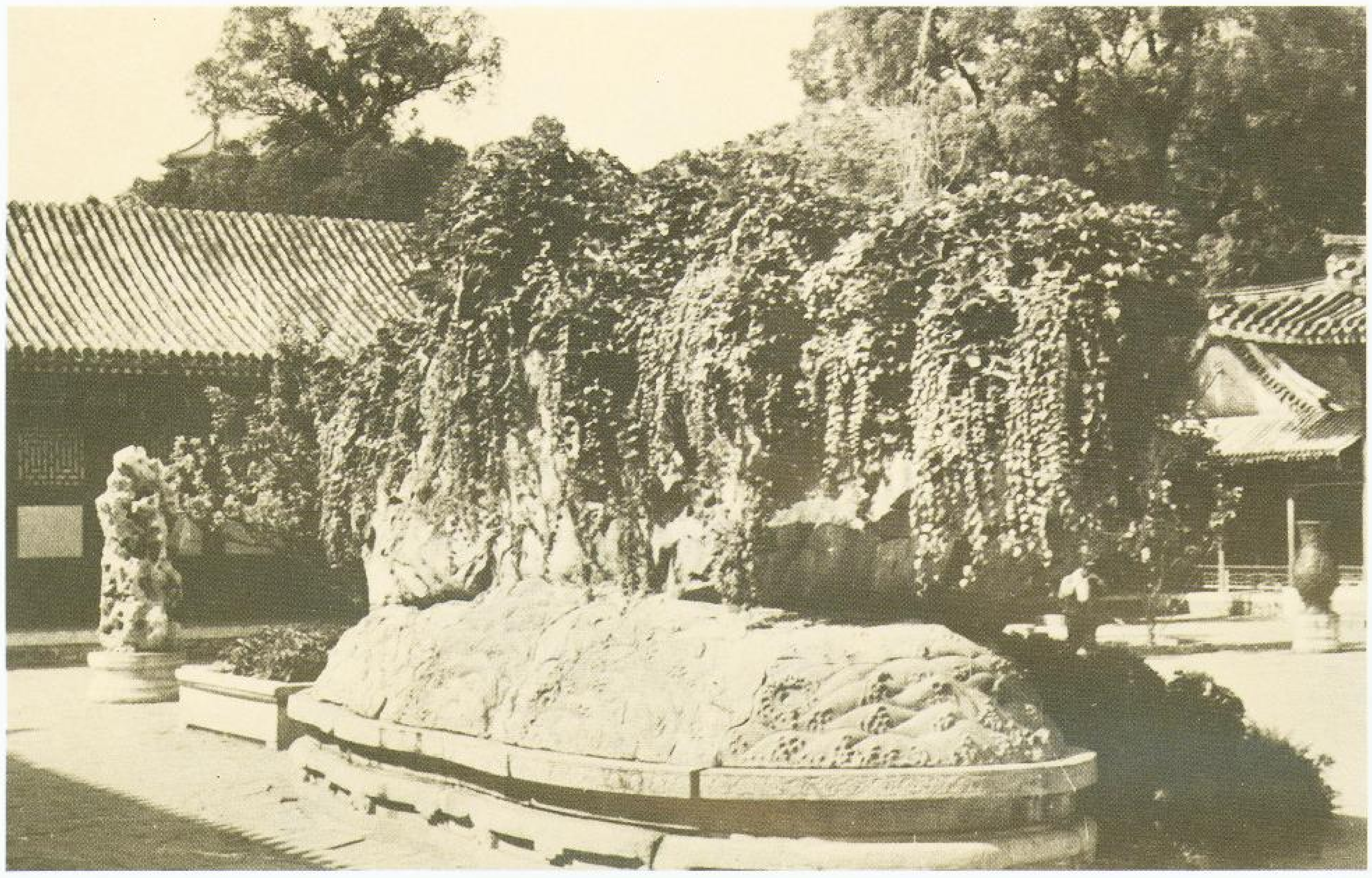


图13-2-18　北京颐和园之特置山石——青芝岫



图13-2-20　南京莫愁湖之拼峰

石和凌霄组合成对景，和周围空间取得了合宜的比例关系（图13-2-19）。特置往往在中轴线上，无轴线处理时，则设于游览路线的对景处，才能充分发挥效果。太湖石之靠山面难免有凿痕，少有四面玲珑者，所以特置要选择最好的面向，露巧藏拙，发挥多面欣赏的效果。最好的面向着主要视线，其次的面向着次要视线。特置的基座古称为"磐"，用于调整高度、协调环境和陪衬特置山石。在整形布局中多用各式须弥座，而自然式布局中可以天然山石为座。如缺乏整块山石，可以用拼峰的办法。图13-2-20中的特置为数十块湖石拼成而犹如整块一样。

古代园林的特置多用石榫头来稳定。稳定的要领在于掌握重心，如图13-2-21所示，石榫头必须循石之重心线开凿。石榫头的长度和石之重

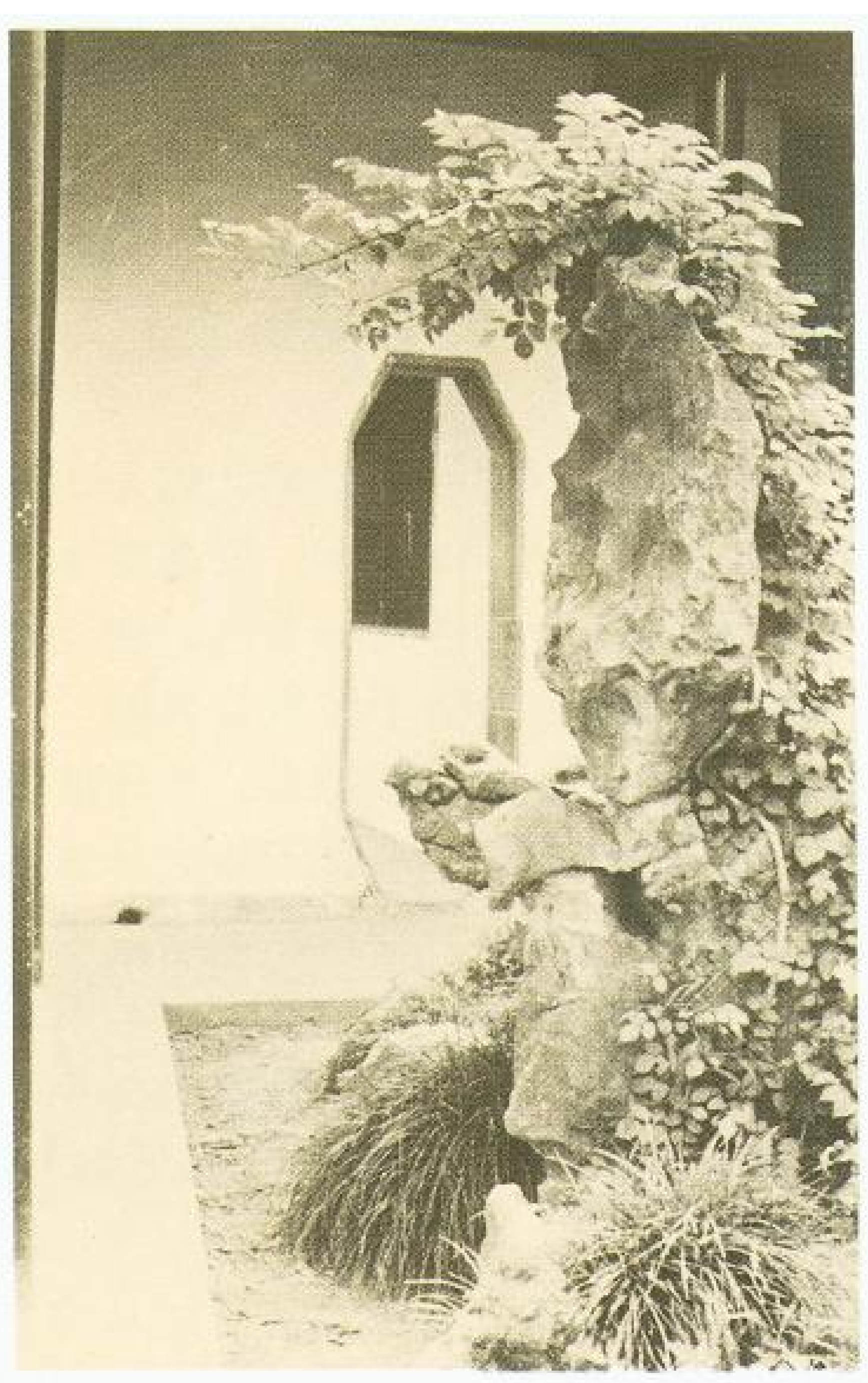


图13-2-19　扬州瘦西湖疏峰轩附近之特置山石

心高低有关，安置竖长高大的石笋作特置，其石榫头较长。北京故宫乾隆花园特置石笋之榫头几近基座底面，一般石峰仅几十厘米。由于峰石上大下小，石榫头要尽可能争取最大的直径，距石底周边几厘米就可以了。石榫头只是稳定石峰的加固设施，主要的稳定措施是峰石自身重力的平衡，因此，石榫头要做得比榫眼的长度稍短一些。落榫以后，石榫头之顶到榫眼底部有些空隙，这样才能保证石榫头外围之周边和基座榫眼外围的石面接触，峰石之重力便由峰石底面周边均匀地递到基座上，再传到基础上。在这样自身稳定的条件下，再将胶结的材料充满这个小空隙，使之联系成为一个整体，就非常稳定了。

特置山石除了用石榫头稳定之外，对于底面积过小而质地坚脆的山石，也有以石之整个底端插入基座，如重心不稳可加重力石垫片以求平衡。在拆迁明清假山时还发现有以铁片作重力片，再以铁屑盐卤灌入使结合紧密的做法。铁片、铁屑和盐卤作用后，体积膨胀，可提高密实度。颐和园乐寿堂前之"青芝岫"则是座落在地面上，然后将基座分片而包嵌在石的周围，基座外观如同整块，但和山石接部分又可以"严丝合缝"，而且着生在地上的地锦也可以扎根地下而枝叶上盘，交桓地贴在石面上生长（参见图13-2-18）。总之，特置山石本身的重心稳定是关键的。

②散置。散置又称"散点"，对山石的要求略比特置低，以石之组合衬托环境取胜。常用于点缀庭院、廊间、桥头、路旁、山脚、山坡、水边或点缀建筑、装饰角隅等。散点要做出聚散、主次、断续、呼应的变化。北方有因石量不同而分为大散点和小散点。大散点亦即群置。苏州网师园之韬和馆，琴室结合花台在粉墙前作散点，具有蹲卧和俯仰的变化（图13-2-22）。苏州耦园内园门前散点黄石以强调入口（图13-2-23）。

在土质较好的地基上做散点，只须开浅槽夯



图13-2-21　峰石插入基座

1.峰石底部；2.基座；3.空隙；4.峰石；5.重心线；6.石榫；7.石槽；8.基座（磐）

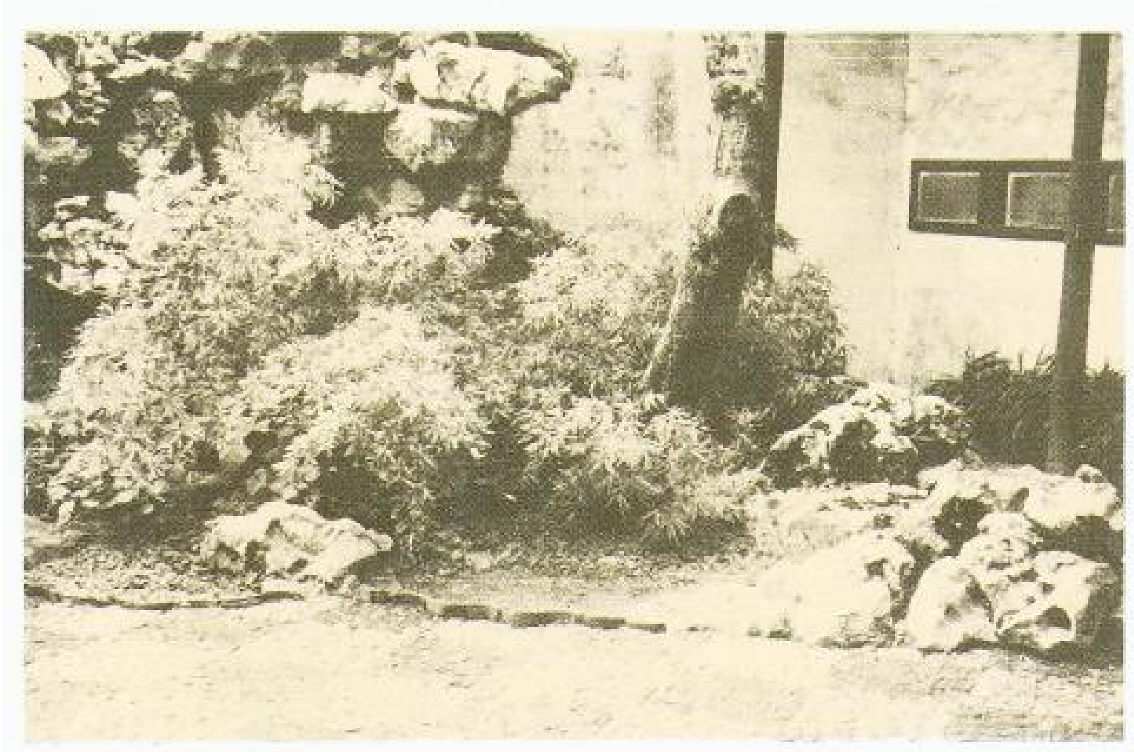


图13-2-22　苏州网师园"韬和馆"之散点山石

实素土就可以了。土质差的可以碎砖瓦之类夯实为底，或作灰土基。大散点结构类似掇山。壁山的散点，要选用有和墙面吻合的石面作侧面向外的交接用，外观上看去和墙面浑然一体。

在古代园林中还有用山石做自然式家俱的作法，室内外皆可陈设。如石榻、石屏、石桌、石几、石凳、石栏等，可以结合使用功能点缀景色。清李渔在《闲情偶寄》中说：“若谓如拳之石亦须钱买，则此物亦能效用于人，岂徒为观瞻而设。使其平而可坐，则与椅榻同功；使其斜而可倚，则与栏杆并力；使其肩背稍平，可置香炉茗具，则又可代几案。花前月下，有此待人，又不妨于露处，则省他物运动之劳。”无锡惠山麓之听松石床（又名偃人石）上刻有唐代李阳冰所书“听松”二字，选石得体，是现存较古的实物（图 13－2－24）。

布置石几案一类的山石，要打破一般家俱规整的格局，充分利用自然石形巧为安置。位于室外的，在尺度方面要与环境相称。北京中山公园水榭南面一组青石几案，利用天然石形成平仄搭配，石桌之支墩伸出而兼作石凳，另几个石凳又作单点，比较自然（图 13－2－25）。

③掇山

分层结构：

立基：《园冶》论假山基谓“假山之基，约大半自水中立起，先量顶之高大，才定基之深浅”。又谓，“掇山之始，桩木为先”。说明假山的堆叠必先有全局在胸，才能确定假山基础如何而起，如果不是胸有成竹，到了假山起出地面以上，再想增很高或挑出很远就困难了。假山之重心线必须以基础为限。重心偏过一定范围，即“稍有欹侧,久则逾欹，其峰必颓”，因此“理当慎之”。由于各地土壤虚实不同，做法有所不同。

桩基用于临水假山基或土壤承载力差的地方，桩之顶面直径约十几个厘米，一般是按梅花形布置，故称“梅花桩”。桩之边距约 20 厘米左右，桩长一般为 1 米多，视具体条件而定。如苏州拙政园水边山石驳岸之桩长 1.5 米，北京颐和园的桩约 1 — 2 米。有的桩尖打到硬层成为承重桩。硬层深的就打不到硬层而成为摩擦桩。上述拙政园的桩木就是打不到硬层的摩擦桩。桩木露出湖底十几厘米至几十厘米，桩间用块石嵌实，桩顶用花岗条石压的叫做“大块满盖桩顶”的做法。条石上面才是山石。条石应在低水位线以下，这样不仅为了美观，也由于常年埋入水中的桩木不易腐烂。

扬州地区多为砂土，土壤不够密实。除了用木桩以外,还有灰桩和瓦砾桩的做法。桩径约 20 厘米，桩长 60 厘米至 1 米不等，桩距 50—70 厘米。于木桩顶穿铁杆，木桩打至一定深度再拔出来，然后用块灰填入加以捣实，凝固后便成灰桩。如用瓦砾填实则为瓦砾桩。扬州这种做法是合乎当地的特点的，因为其地下空隙多,通气条件好，在土壤含水分时木桩容易腐烂，同时扬州木材也少。苏州土壤较坚实，一般用块石或片石以小头打入地下就可以作为基础，称为“石钉”。

灰土基础：北方园林中的假山多采用灰土基



图13-2-23 苏州耦园之黄石散点

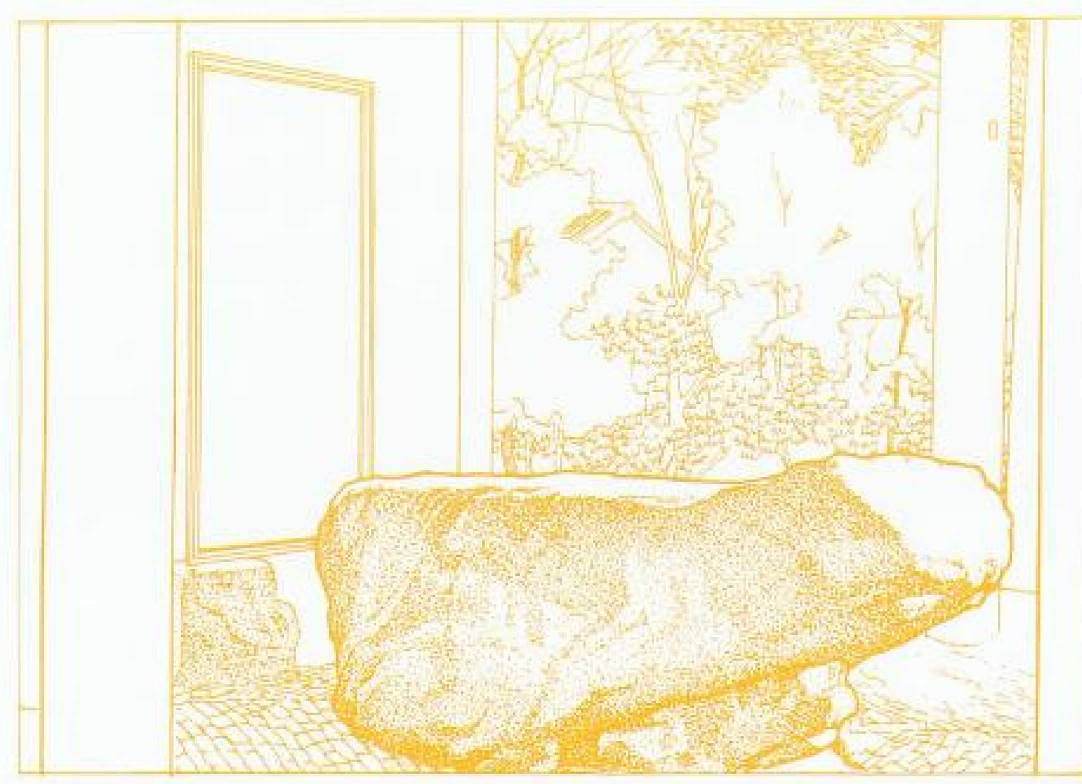


图13-2-24 无锡惠山所存唐代“听松”石床

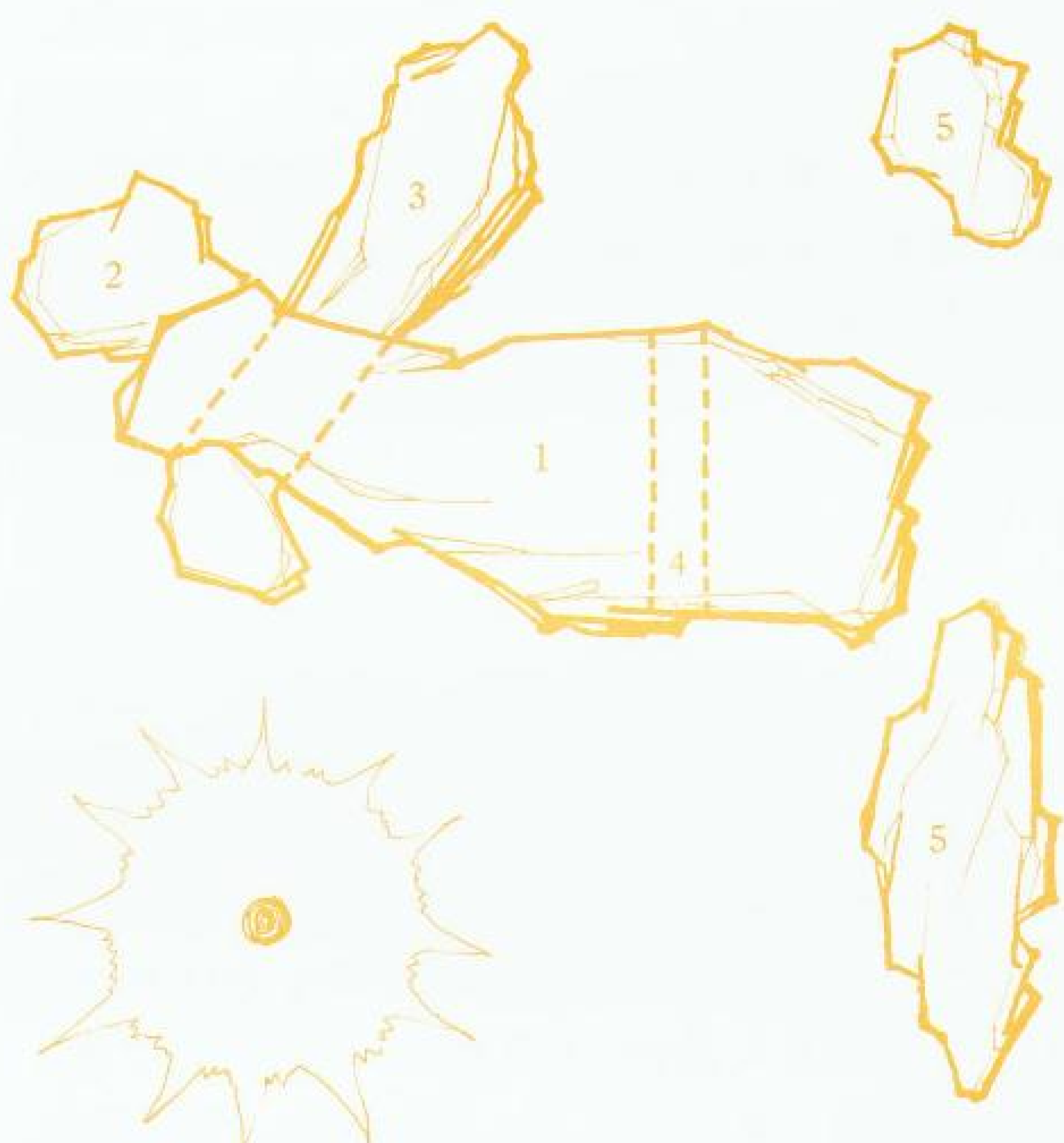


图13-2-25 北京中山公园水榭南面青石桌凳平面

1.山石桌面；2.石桌支墩兼二石凳；3.石桌支墩兼一石凳；4.石桌支墩；5.石凳

础，如北京的地下水位不高，雨季集中，灰土有好的凝固条件，加之灰土凝固后水渗不进，可以减少冻胀的破坏。灰土基槽如宽度比假山的底面积宽出 50 厘米左右，基槽深度一般为 50—60 厘米，如假山高，还要加深。2 米以下的假山打两步灰土。一步灰土即布灰 30 厘米，踩实为 15 厘米的虚灰土，再夯实为10厘米厚。灰土一定要选用新出窑的块灰在现场泼水化灰，采用三七的灰土比。布灰后先盖竹席踩实，再用木夯干打。夯要顺序前进，头夯、二夯打下以后，三夯打于一、二夯之间，这样一夯压一夯可提高密实度。干打完后用水浸透，等些时再用水拍板拍打，称为“水打”。水打先由干打成湿的，直至打不出水为止，等到凝固以后，就好象人造石料一样。北京帝王宫苑内往往采用断面很大的灰土层，而且白灰的比例大，足可有效地防止冻土破坏假山基础。

拉底：就是在基础上面铺底层的山石，即《园冶》所谓“立根铺以麄石”的做法。因为用于拉底的石头只有部分露出地面以上，同时又受压最大，所以只要大块石头就可以，不必使用姿态好的山石。古代匠师称底石为叠山之本，因为假山在平面上和立面的变化都立足于这一层，底面要为往上面砌的假山创造良好的衔接条件。底石如果不打破方整的格局，则中层叠石亦难以变化。底石的材料要大而质地坚实、耐压，不允许用风化过度的山石拉底。拉底的要点有：

朝向：主要视线方向的面定为主要朝向，再尽可能照顾次要朝向和更次要朝向，简单地处理视线不可及的一面。

活用：用石灵活，分清纹理，掌握石之大小和形态变化，然后因材施用，大小山石相间。

错安：即假山底脚之轮廓线忌同砌墙一样地平直，应该是犬齿相错，首尾相连，高低不一。在平面上形成具有不同距离、不同宽度、不同角度和深度的斜八字形或曲尺形，按照事先考虑的具体位置逐一的错安。

断续：即做出一脉既毕、余脉又起的自然景观。为做出“下断上连”、“旁断中连”等变化和山脚部分各式各样的虚实变化创造条件。

亲靠：从结构上讲，同一组的山石要互相亲靠，接口紧密，利用“茬口”互相咬住以加强整体性。外观上有断续错落的变化必须建立在结构上整体性强，稳定性强的基础上。如茬口间有空隙，应用石块轻轻打进使之“亲靠”互相钳住(图 13－2－26)。

找平：即一般是大而平的面向上，并凭眼力找平，为砌中层石创造衔接的条件。但并不要求所有的底石都是大面向上,也可以间有小头向上，两相邻小头向上的山石之间形成上大下小的空隙，这样，中层石便可以小头朝下嵌入空隙中(图 13－2－27)。北方多采用满拉底石、一次砌成的办法，整体性强。南方则因无冻胀破裂，多采用拉周边底石层的做法。

中层：即底石以上，顶层以下的部分，也是占体积最大、触目最多的部分，用材广泛，形式和结构变化多端。其要点有：

平稳：和底面一样,一般以大而平之面向上，与底石衔接之面可用石垫片找平（图13－2－28），中层结构庞大，互相制约，往往因一石之差而导致大片地坍塌。

迄贯：上下左右的衔接要争取最大的结合面，要避免上下衔接后，在下面山石的上端闪露狭小的石面，称为“避茬”。认为“闪茬露尾”不美观，同时石间没有足够的结合面。但这也不是绝对的，有时为了在上面做做变化而预留石茬，等再往上叠时就盖住石茬了。

偏安：如在两块底石上再压上一块山石，则此石应避免和下面两块石形成“品”字形。必须偏


图13-2-26 “亲靠”

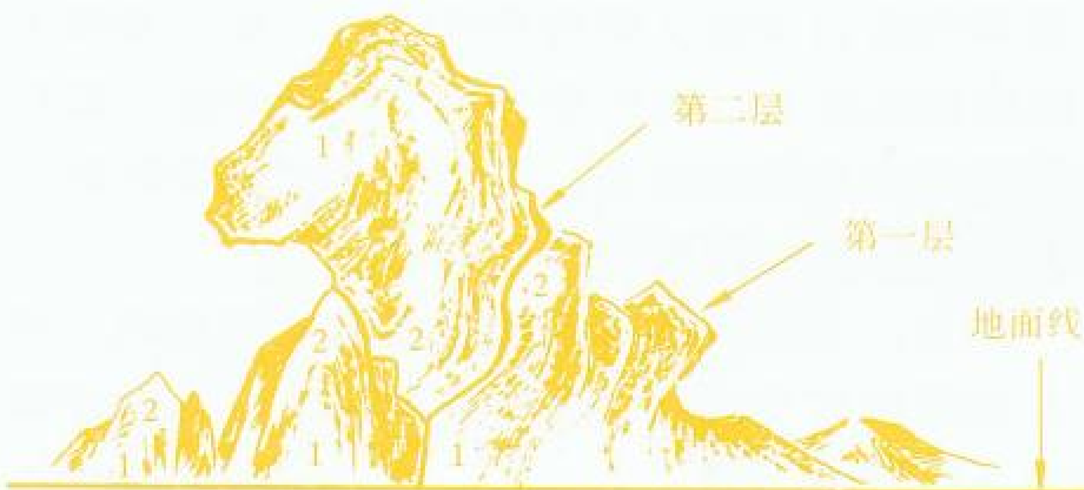


图13-2-27 大小头接合


图13-2-28 “找平”


图13-2-29 单安


图13-2-30 三安

安于一侧以突破平板的格局，同时又为向各个方向的延续创造了变化的条件。

避“闸”：板条状的山石一般要避免仄立，仄立就是象闸板一样，在仄立的山石上支撑其他山石很不协调。但根据所仿自然景观的需要，也不是绝对不可以用，特别是作卧式的余脉处理等，但要用得很巧。

平衡：即《园冶》所谓“等分平衡法”。“悬崖使其后坚”是此法的要领。如要有上悬下收的效果，必须掌握重心。山石往往是一层层地向外挑出，挑出以后重心就前移了。因此，要有数倍之重力压在内侧以平衡由于出挑产生的力矩。

收顶：即最上面一层山石的处理，对于山体的轮廓线和结构都很重要。收顶一般有立峰、结峦和配峰组成。主峰要选用轮廓和体态都很突出的山石，如果没有大块的峰石，可以做成“拼峰”。立峰可立、可蹲、可斜，分别做成剑立式（上大下小，挺拔竖立）、斧立式（上大下小，形如斧锤）、流云式（横向挑伸，形如云片横逸）、斜劈式（势如倾斜岩层，斜伸而上）、悬垂式（仿钟乳石从上面倒悬下来）或其他形式。主峰位置不宜居于正中部位。峰石本身亦不完全正对主要朝向，稍居偏侧既免于主峰本身流于呆板，也容易和次峰、配峰取得呼应。次峰是仅次于主峰的完整峰顶，用以衬托主峰。次峰和配峰都要力求简练，布置时和主峰取得均衡、趋承等变化，并利用植物点缀成完整的画面。结峦是收圆形山头的做法，轮廓圆曲、秀丽。《园冶》谓“峦，山头高峻也。不可齐，亦不可笔架式，或高或低，随致乱掇，不排比为妙”。平顶式收顶多用于山上作台，台边做成自然的石栏或与建筑组合成完整的山顶。

收顶在结构上的作用，主要是“合凑”和镇压，使重力均匀地分层传达下去，因此除了姿态要求外，还要选用体量大的山石，往往顶上一石压住下层几块山石。

山石结体的基本形式：

假山虽有峰、峦、洞、壑等变化，但就山石之间的结合而言却可以概括为十种左右的基本形式。北方的工人流传“十字诀”，即安、连、接、斗、垮、拼、悬、剑、卡、垂。此外，还常用挑、飘等。江南一带流传“九字诀”，即叠、竖、拼、压、钩、挂、撑。两相比较，有的是共同的，有的即使名称不一样，但同属一个内容。例如接即叠、剑即竖、垂即挂。

安：是指安置山石，放一块山石叫安一块山石，强调这块山石放下去要安稳。其中又有单安（图13-2-29）、双安和三安（图13-2-30）的做法。双安就是在两块不相连的山石上面安一块山石，下断连，由此构成环洞，余类推。安石又强调巧安，即把数块本身并不玲珑的山石，经过组合而形成玲珑的变化。图13-2-31为南京瞻园置石之细部，用一块山石安于两块山石之上端，由于在下面出现通透的变化，丰富了轮廓线而又有虚实对比。

连：山石之间水平搭接称为“连”。要使其方向进出多变，高低错落，间距不等方可生巧（图13-2-32）。

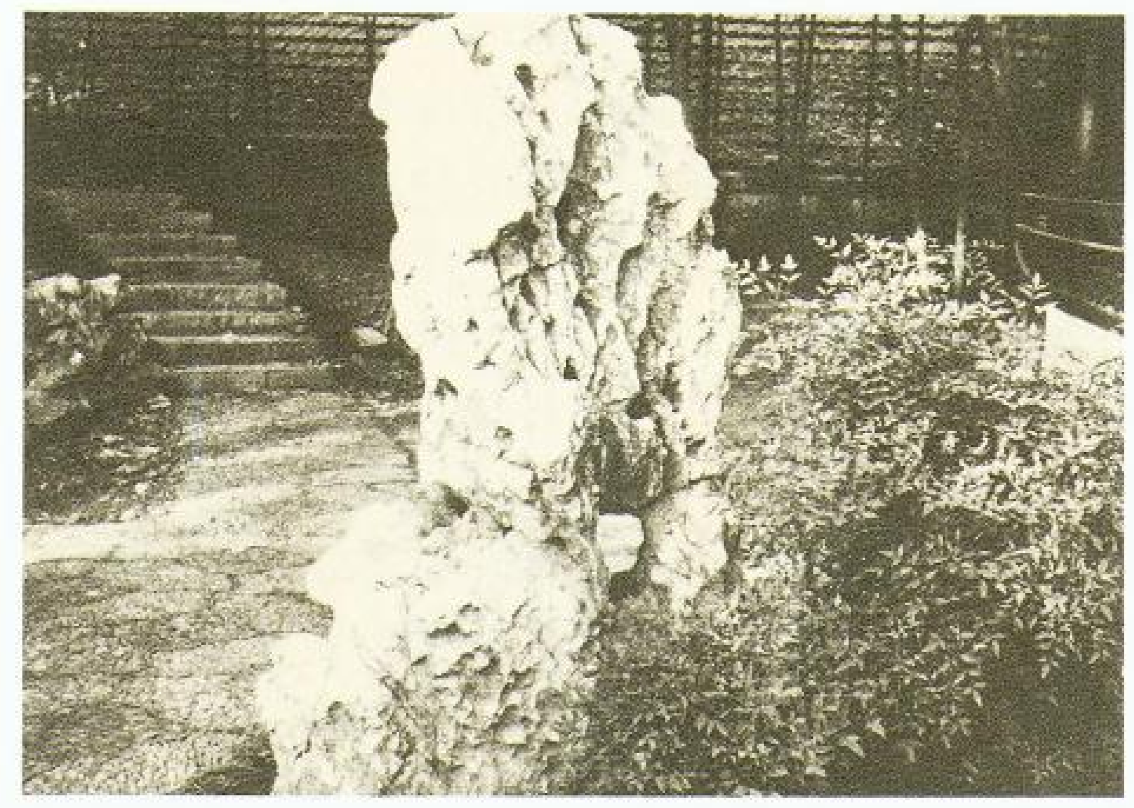

图13-2-31 南京瞻园之“巧安”


图13-2-32 连


图13-2-33 接



图13-2-34 斗



图13-2-37 悬



图13-2-40 苏州网师园廊间石笋



图13-2-35 挎



图13-2-38 承德磬锤峰



图13-2-36 拼

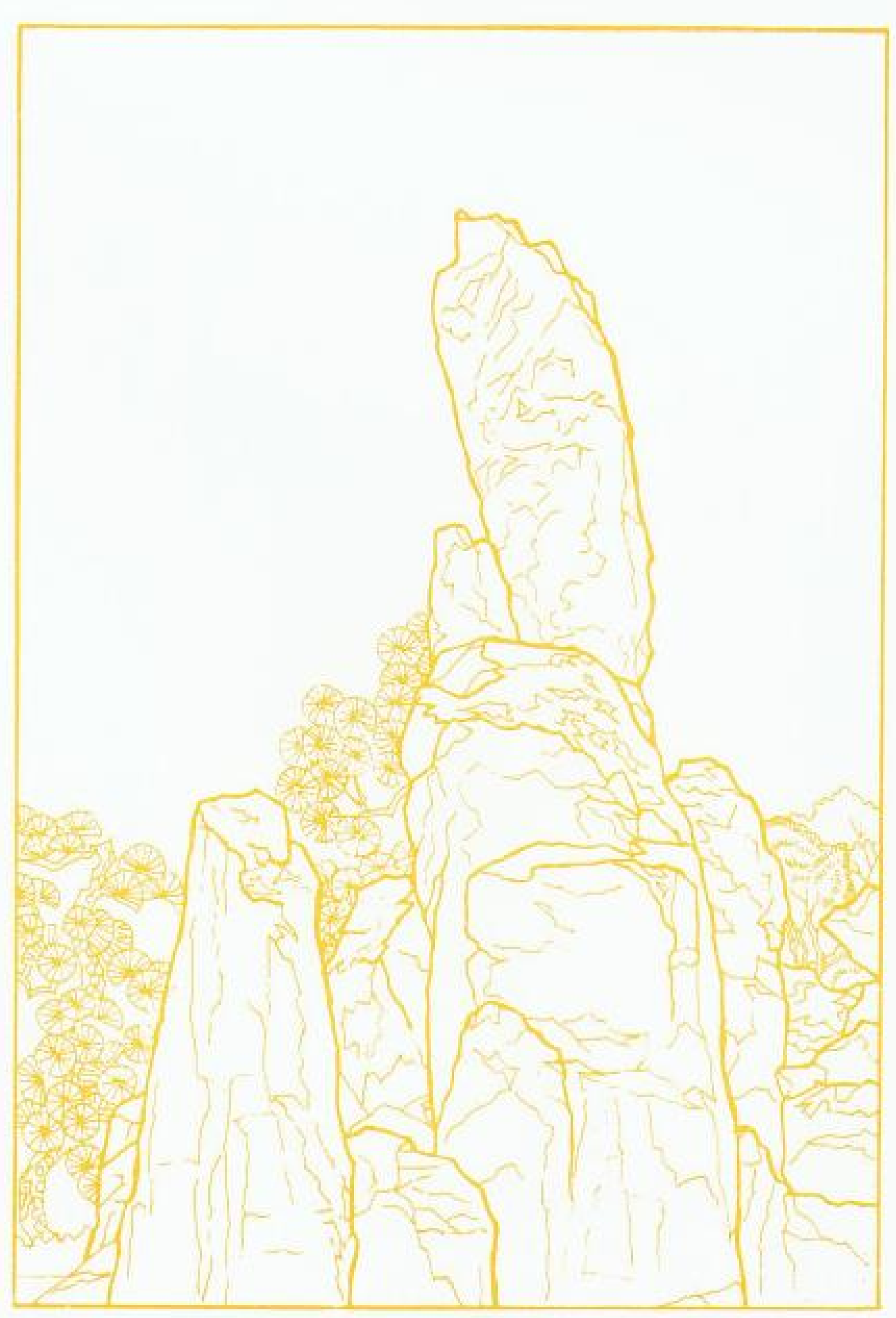


图13-2-39 承德避暑山庄烟雨楼之“剑石”

接：竖向叠接以构成一大块完整的山石形象（图 13-2-33）。接石主要根据山形部位的主次依序接合，也可以以横纹为主加以少量竖纹组合，相互对比衬托。

斗：置石成栱状，腾空而起，两端搭架于二石之间（图 13-2-34）。北京故宫乾隆花园第一进庭院东部偏北的山上可以明显地看出这种结体的关系，山路从架空的空当中间过去，甚为险峻。

挎：如石之某侧平板，可旁挎一石以全其美。挎石常用铁活加固（图 13-2-35）。

拼：由于空间大小的差别，当石材太小单独安置会感到零碎时，可以将数块甚至数十块山石拼掇成一整块山石的外观（图 13-2-36）。拼石最好是勾内缝，而外接面争取合缝，也可以做成自然裂缝的形式而内部联系成整体。这个“拼”字实际上包含了其他结体的字，亦可通称为拼。

悬：在下层山石共同组成的竖向洞口上，放进一块上头大下头小的山石，从竖向洞口悬于当空的做法。多用于湖石类山石仿石钟乳之悬空(图 13-2-37)。

剑：以竖纹取胜之石，竖直而立称为“剑”，多用于各种石笋或其他竖长的山石。承德之磬锤峰即自然之“剑”（图 13-2-38）。剑石若单块而立，其地下部分必须有保证稳定的足够长度，并用石块垫紧夯实。从造型上要避免“排如炉烛花瓶，列似刀山剑树”，一般石笋都宜独立布局而不宜和其他种类的山石混用，否则很不自然。剑石本身也忌成“山”字形、“川”字形和“小”字形。图 13-2-39 为承德避暑山庄烟雨楼假山上“剑”之作法，挺拔雄劲，主次分明，构图完整。苏州网师园利用廊间不到 1 平方米的小天井，用小百果笋和紫竹成功地布置了一幅小品，丰富了空间的变化（图 13-2-40）。

卡：下层用两块或两组山石组成。二石各以斜面相对而不相连，形成一个上大下小的缺口，再用一块上大下小的山石从缺口中徐徐放下，待斜面之间完全接触以后，这块山石因卡住而稳定了。承德避暑山庄烟雨楼前假山以“卡”作成峭壁山顶，结构稳定，外观自然（图 13-2-41）。

垂：从一山石上面之企口处，用另一山石之企口从上面相接而垂挂其下端称“垂”（图13-2-42）。图 13-2-43 为清代扬州小盘谷假山峭壁上

沿"垂"之外观，由于有山岫的衬托，轮廓分外明显。

挑：又称"出挑"，即上石借下石为支承而挑伸于外，再以数倍于上石重量之山石平衡之（图13-2-44）。

假山中之环、岫、洞、飞梁，特别是悬岩，都是用这种结体的形式。图13-2-45为清代扬州寄啸山庄以条石作挑的做法，因坍掉了外层湖石而结构毕露。如果要求出挑多，可以分层逐渐向外挑。故有单挑和重挑之分。如上石从下石之两端外侧挑出则称"担挑"。如果挑头伸出之上表面轮廓线过于平滞，可以在上面接一块较小的山石来弥补。接于挑头外侧上端的山石称"飘"。扬州个园之黄石假山有把飘立石竖峰的做法。一段一层最多挑出石本身长度的三分之一左右，从古代园林现存的作品来看，整个悬崖挑出大多在2米以内。出挑的要点是忌单薄而求浑厚，要挑出一个面来，因此要避免成直线向一个方向挑，最好是和下面的山石成不同角度的多层出挑。图13-2-46为常熟虞山黄石自然出挑的情况。再就是要巧于安置作为"后坚"的山石，在外观上结合造景，如兼作洞顶"合凑"收顶的压顶石或立峰、结峦等，使观者只能明显地看见悬崖而觉察不到用以平衡的"后坚"用石。如挑头上允许上人，则应将人的重量计算在内，以求得"其状可骇"而又万无一失的效果。因此，出挑要控制视距，叠到人的视线高度以上再出挑，这样，观者只见其前悬而难见后侧，从而取得形势险奇的景况。

图13-2-47为清代扬州某园出挑悬崖之做法，观者但见其前面和两端侧面，看不见用于平衡重力的"后坚"用石。从外观上看，似乎山石可能坠落，实际上所选用山石从侧面看前大后小，但在平面上，这块山石后面很大，足以平衡挑出的重量，是很稳固的。图13-2-48为上海豫园快楼之悬崖，逐层出挑共约2米多，"后坚"藏于岩后，颇具自然悬崖险峻之势。

在施工过程中，每做挑石，必须用木柱顶在挑出山石之底部，这主要是表示这块山石尚未完工，不得上人。挑石必须靠本身的稳定而不能借柱力稳定。待加上后坚用石并联成整体后便可拆除（图13-2-49）。苏州环秀山庄幽谷上部有飞梁横空，其结构为下挑上拼，即其底部由两边峭壁逐层出挑形成挑梁，上面再以山石拼压，犹如一整块构成，难辨真假。

撑：即用斜撑的力量来加固于山石，北方称为"戗"。撑石要掌握合宜的支撑点，加撑以后在外观上犹如自然的整体。"撑"不仅在结构上起支撑作用，外观上还可以形成余脉、卧石或洞、环等变化。图13-2-50说明了撑的做法。扬州清代的个园在湖石夏山山洞中，作撑支撑洞顶和余脉变化。作者按照石灰岩侵蚀岩洞的自然规律，统筹地解决了结构和景观的问题，并利用支撑山石组成的小洞口采光，合乎自然之理（图13-2-51）。

图13-2-52为扬州个园黄石假山洞用"托"的做法，增加了洞口的变化。

应当着重指出，以上这些方法都是历代的假山匠师从观察自然岩石景观中逐步概括、总结出



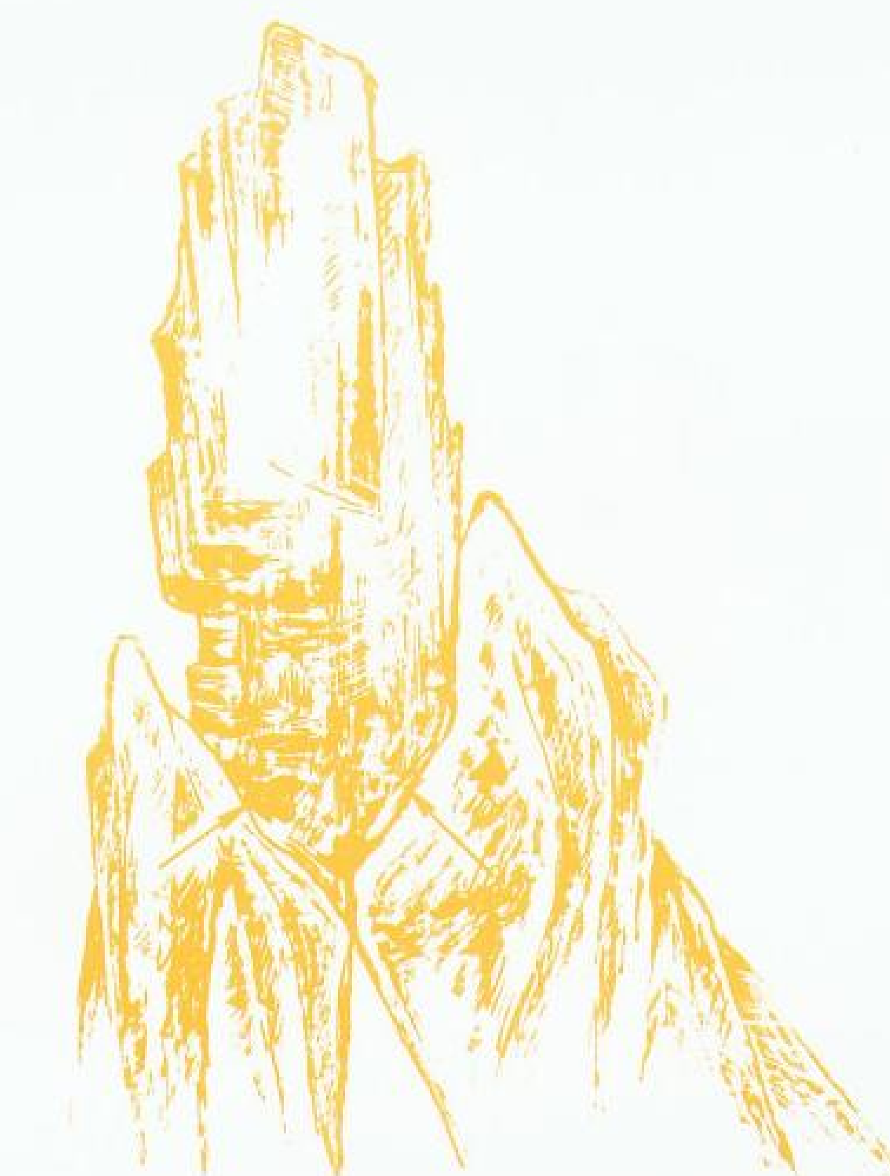


图13-2-41　卡



图13-2-42　垂



图13-2-43　扬州小盘谷"垂"之外观



图13-2-44　挑



图13-2-45　扬州寄啸山庄用条石做假山骨架的做法



图13-2-46　常熟虞山黄石挑岩景观



图13-2-47 扬州某园“挑”

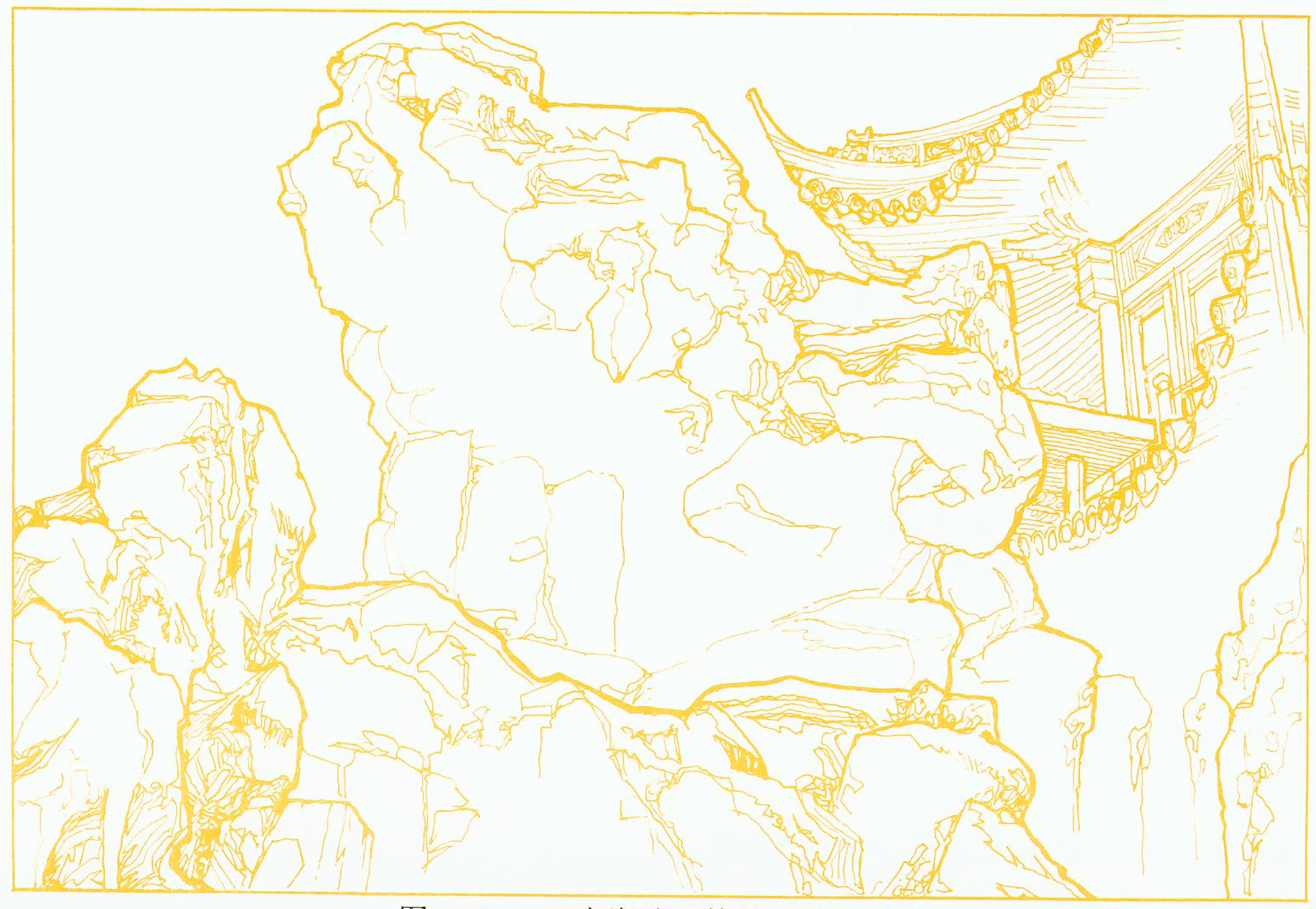


图13-2-48 上海豫园快楼悬岩之挑法

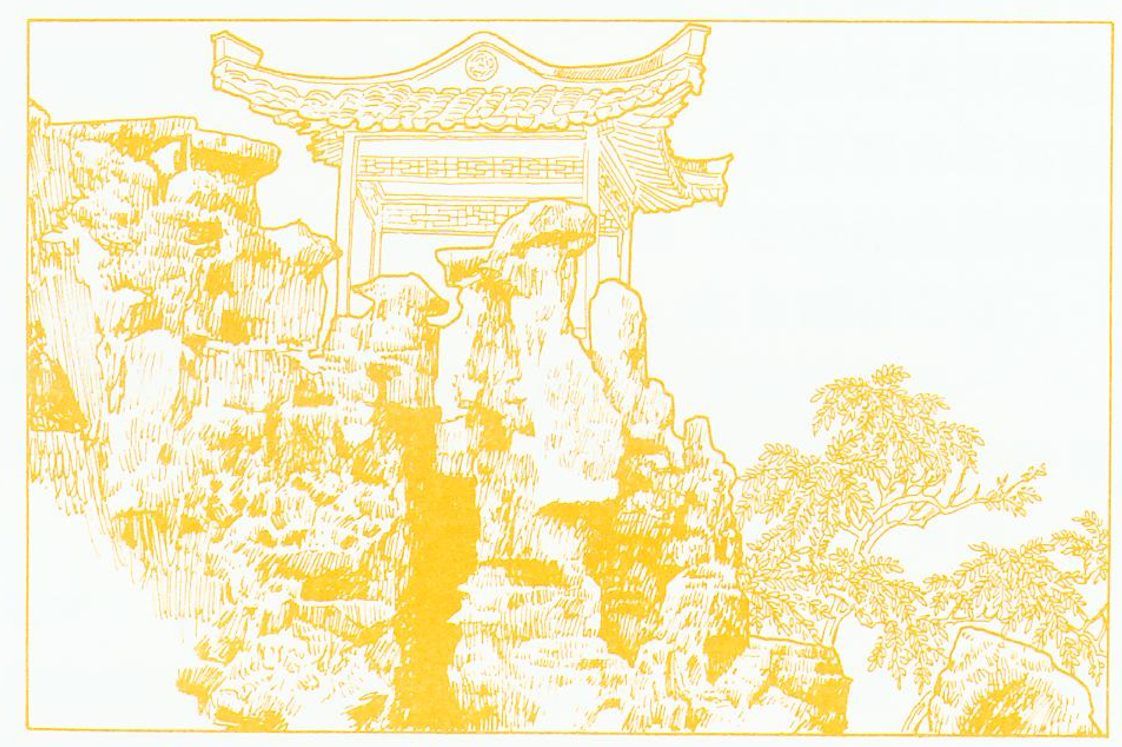


图13-2-52 扬州个园秋山洞口“托”的做法



图13-2-51 扬州个园夏山——撑

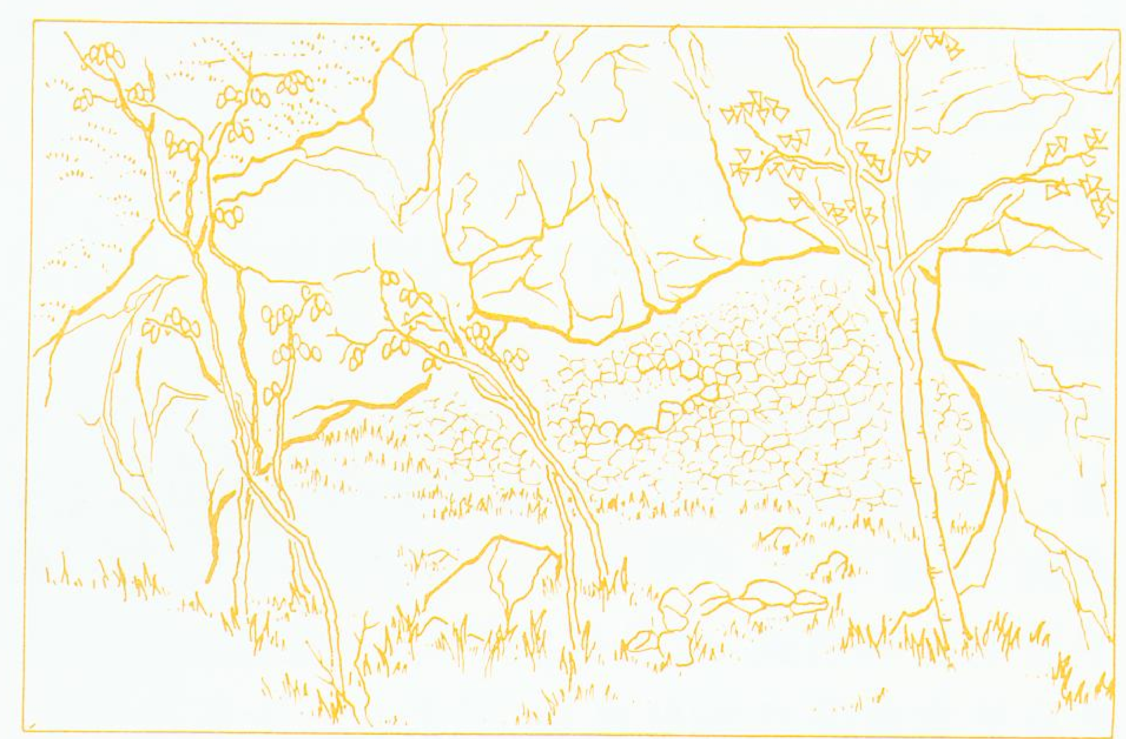


图13-2-54 苏州大石山自然之“撑”



图13-2-49 “挑石”支柱

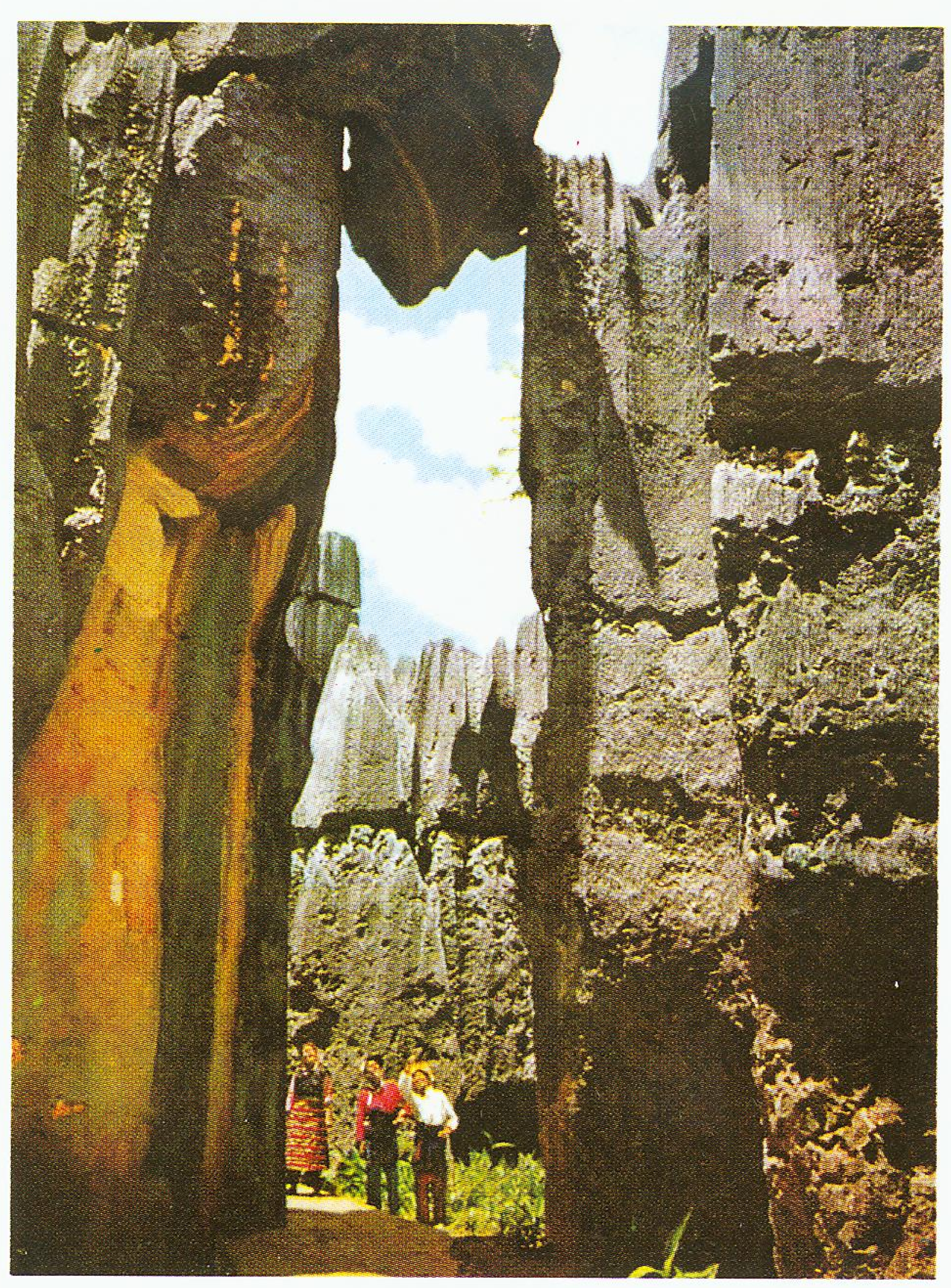


图13-2-53 云南石林之“千钧一发”



图13-2-50 撑



图13-2-55 立峰加垫片

来的。不难看到，它们都来源于自然山景，例如黄山的“蓬莱三岛”和苏州天平山“万笏朝天”的景观就是“剑”字所宗，云南石林之“千钧一发”就是“卡”的自然结体（图 13-2-53），苏州大石山之“仙桥”就是“撑”的自然风貌等等（图 13-2-54）。因此，应力求自然，切忌做作，否则便会弄巧成拙。

平稳设施和填隙设施：

为了放稳底面不平的山石，在找平上面以后，于下底不平处垫以一至数块控制平稳和传递重力的垫片，北方称为“𥗂”，南方称为重力石或垫片。𥗂要选用坚实的山石，在施工之前就打成不同大小的斧头形垫片，以备随时选用。这块石头虽小，却承担了平衡和承重的重任，在结构上很重要。打“𥗂”也是衡量技艺水平的标志之一，加垫片一定要找准位置。最好用一块就使其基本平衡稳定，打好以后要用手试一下是否稳定。图 13-2-55 为立石加𥗂的情况。至于两石之间不着力的空隙，也要用块石填充。假山外壳每做好一层，还要用块石和灰浆填充于其中，称为“填肚”。也有仅用素土填充的做法，如北京北海静心斋的假山。

铁活加固设施：

一般是在山石本身重心稳定的前提下用以加固的设施，常用垫铁制成。使用铁活要求用而不露，因此不大容易发现。做法有如下几种：

银锭扣：为生铁铸成，有大、中、小三种规格，和一般石工用的相仿，用以加固石之间的水平联系，以增强整体性。先将两块石以水平向拼缝为中心线，按银锭扣大小划线凿槽打入，有“见缝打卡”的说法。上面再叠山石就把它遮住了。如静心斋山石驳岸在桩顶石上用银锭扣加固。

铁扒钉：或称铁钩子，用熟铁制成，用于加固水平向和竖向的联系。南京明代瞻园北山之山洞中尚可发现用小型铁扒钉加固水平向联系的做法。北京圆明园西北角假山坍倒后，在山石上可看到 10 厘米长、6 厘米宽、5 厘米深的石槽，槽中皆有铁锈痕迹，也是用铁扒钉一类加固的做法。北京故宫乾隆花园见有 80 厘米长、十多厘米宽、7 厘米厚的铁扒钉，两端弯头打入 9 厘米的做法（图13-2-56）。也有向假山外侧下弯头而内侧平伸压于石下的做法。承德避暑山庄烟雨楼则用大铁扒钉作峭壁的竖向联系（图 13-2-57）。

铁扁担：多用于加固山洞，作为石梁下面之垫梁。铁扁担之两端成直角上翘，要求翘头要略



图13-2-57 承德避暑山庄铁扒钉用法

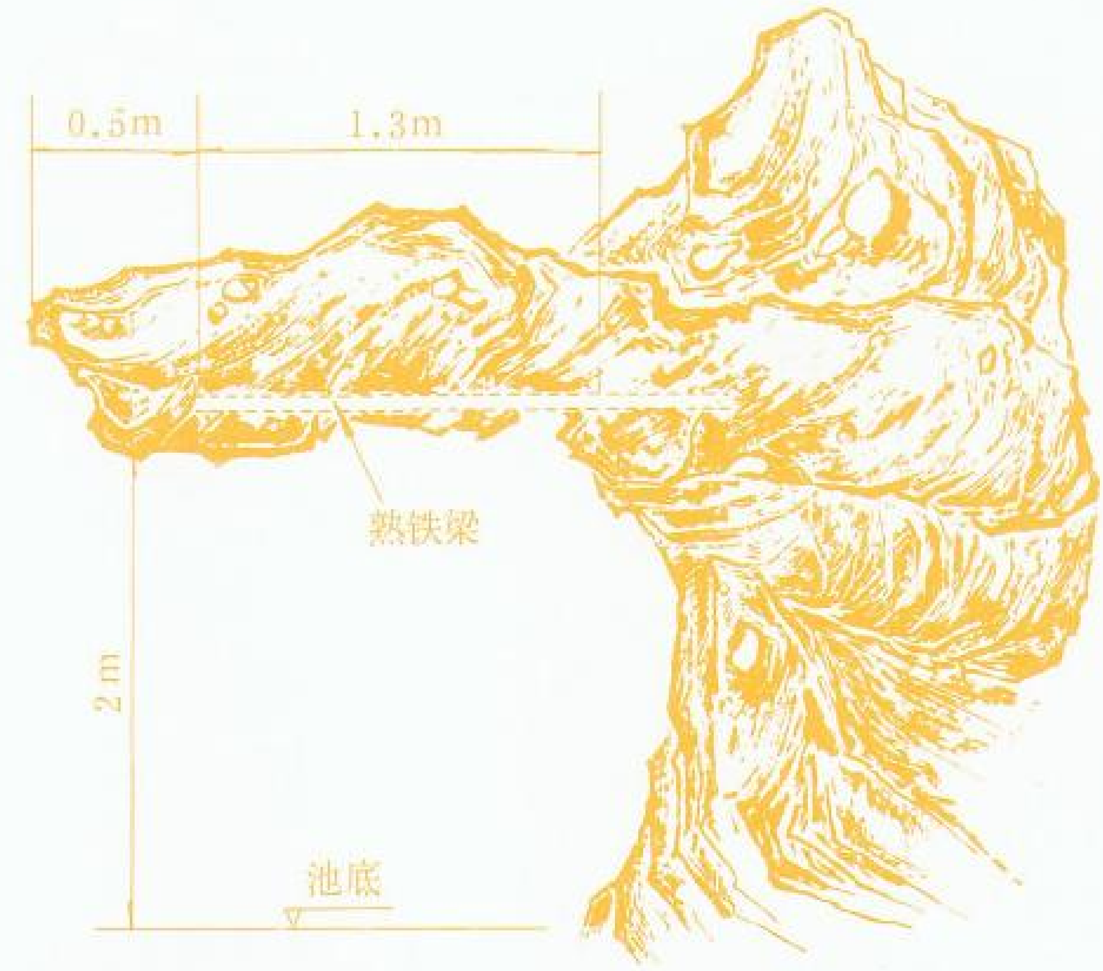


图13-2-59 北京北海静心斋暗衬铁梁做法

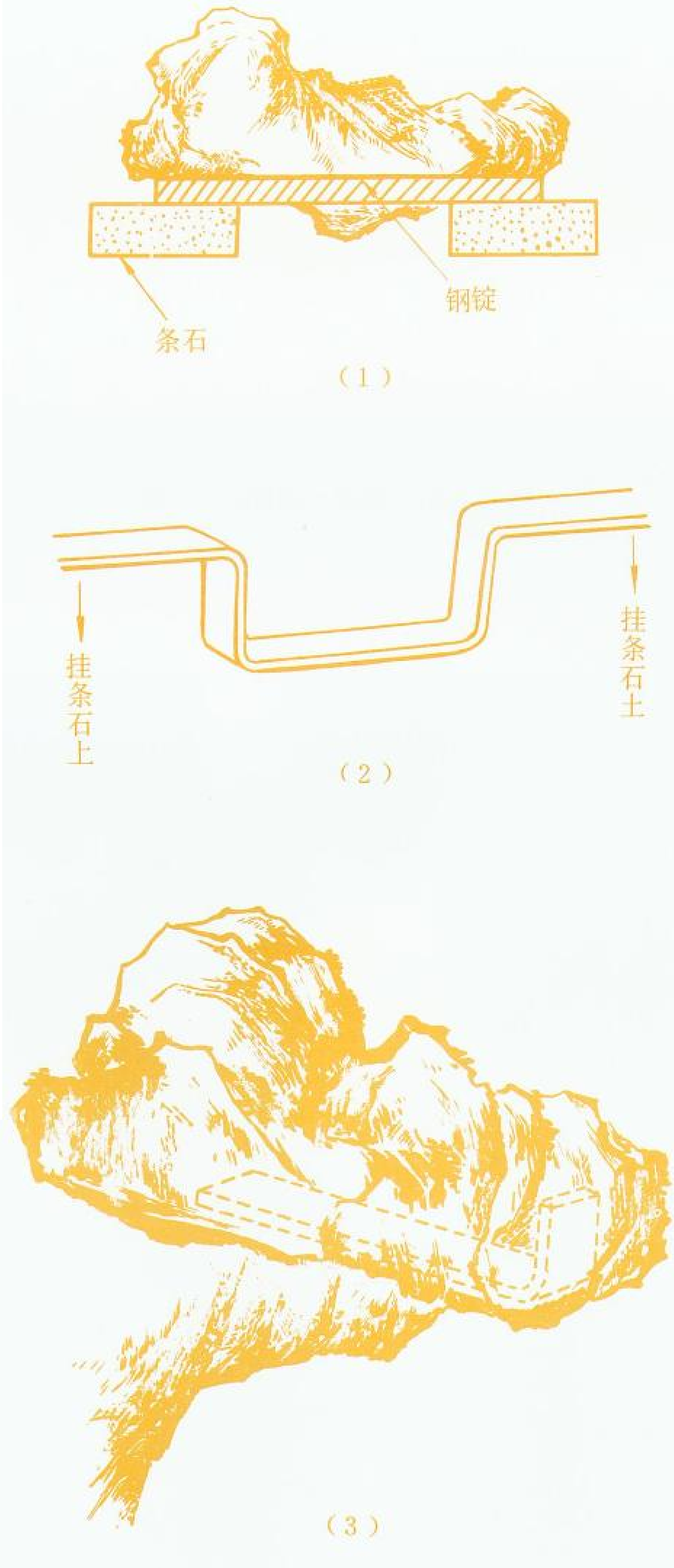


图13-2-58 铁扁担及铁挑梁

（1）铁扁担；（2）凹形吊架；（3）铁挑梁



图13-2-60 扬州寄啸山庄洞口吊架

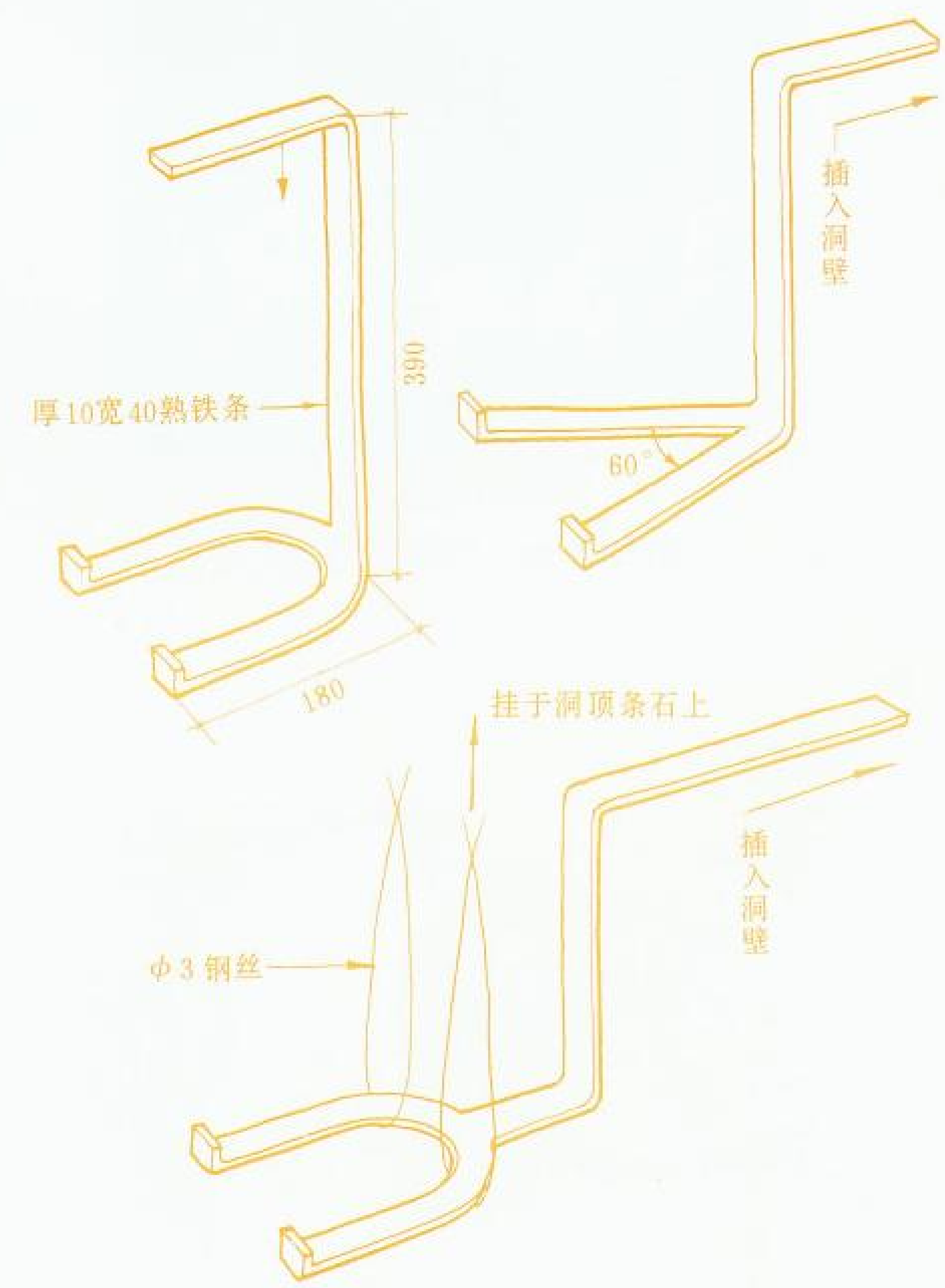


图13-2-61 各式熟铁吊架（单位：毫米）



图13-2-56 北京乾隆花园铁扒钉用法

高于其所支撑石梁的两端，以求稳固（图 13-2-58）。北海静心斋中象征蛇山的出挑悬岩，选用了约 2 米多长的一块房山土太湖石作挑，在这块石头的底部有长约 1.5 米以上、宽 16 厘米、厚 6 厘米的铁扁担作为加固，因为铁活只有一小段侧面外露，而且居于石底凹面之暗处，所以从外观上也看不出（图 13-2-59）。

马蹄形吊架和叉形吊架：见于扬州寄啸山庄，由于洞顶采用花岗石条石做石梁，很不自然。用这种吊架从条石上面挂下来，架上再放块山石遮挡条石的做法，参见图 13-2-60，其余吊架见图 13-2-61。

胶结和勾缝：

汉代至宋代以前的假山胶结材料已难考证。从宋代《营造法式》中才开始看到用灰浆泥假山的功料记载："垒石山，石灰四十五斤，麤（粗）墨三斤"。由此可以推测，宋代是以水调石灰浆作胶结的材料，而粗墨用于调色勾缝。当时风行太湖石，宜用灰白色的灰浆勾缝。据一些拆迁过明清两代假山的师傅讲，勾缝的做法尚有桐油石灰（或加纸筋）、石灰纸筋、明矾石灰、糯米汁拌石灰等多种。

勾缝用"柳叶抹"，有明缝和暗缝两种作法。即使明缝也要求不要太宽，如石缝过宽，使用与缝形相吻合的小块山石填补，变宽缝为窄缝，而后才用灰浆勾缝。因此，一般缝宽不宜超过 2 厘米。据说，用铁屑盐卤刷过的黄石缝还容易着生青苔，比较自然。

假山洞的结构：

《园冶》谓："理洞法，起脚如造屋，立几柱着实，掇玲珑如窗门透亮。及理上见前理岩法，合凑收顶，加条石替之，斯千古不朽也"，说明了洞的一般结构法。我国较早的假山洞，出现于南朝时代建邺（今南京）之湘东苑，但并无技术性的记载。从现存古代园林的假山洞来看，大多采用《园冶》中所总结的这种梁柱式结构，即整个假山洞之洞壁是由柱和墙两部分组成，石梁架于两根对应的石柱间，同侧之石柱间再掇以山石封闭。因此，主要传达承重的是梁和柱，石墙部分用以作采光和通风的自然窗门。从平面上看，柱是点，同侧柱点的自然连线是壁，壁线之间是洞。在一般的地基上做假山洞，多是筑两步灰土，而且是"满打"。基础两边比柱和壁的线略宽出一些，承重量特大的柱子还可以在灰土以下打桩，这种整体性很强的灰土基，可以防止因不均匀的沉陷造成局部坍倒甚至牵扯全局的危险。有不少假山洞都采用花岗石条石为石梁，这样虽然结实，但洞顶之外观很不自然，即使加以装饰也很不协调。

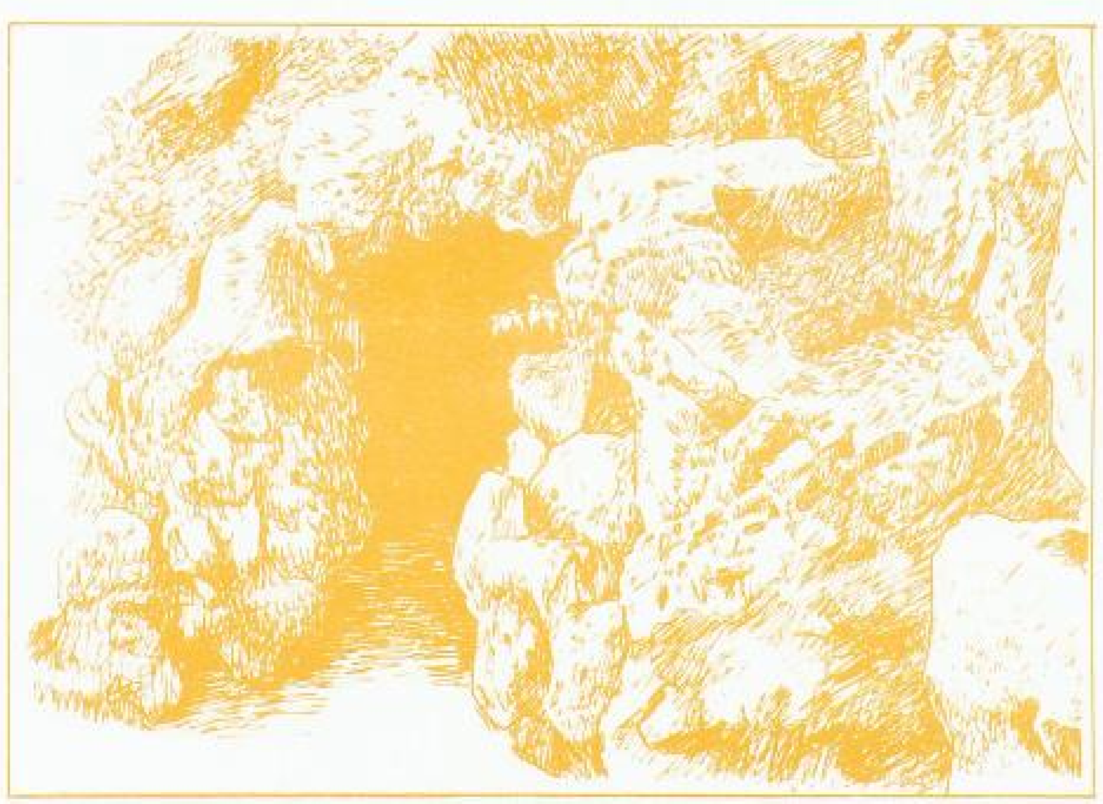


图13-2-62 南京瞻园之梁柱式假山洞



图13-2-63 北京圆明园"武陵春色"之桃花洞

北京故宫乾隆花园和圆明园所遗留的假山洞皆以自然山石为梁，间或有"铁扁担"加固，既保证了结构的稳定，又有比较自然的洞顶外观。图 13-2-62 为南京瞻园之梁柱式假山洞结构。

假山洞的另一种结构形式是"挑梁式"，即石柱之叠起，渐起渐向内挑伸，叠至洞顶用大石压合，如苏州明代之隐园水洞，北京圆明园武陵春色之桃花洞都属于这一类的结构（图 13-2-63）。这是吸取桥梁之"叠涩"或称悬臂桥的做法。其挑梁之两外端和顶部合凑处都必须用大石镇压以平衡力量。圆明园桃花洞，巧妙地于假山洞上结土为山，既保证了结构上的需要，又形成穿山水洞的奇观（图 13-2-64）。



图13-2-64 北京圆明园"武陵春色"桃花洞附近假山布置

发展到清代，又出现了戈裕良创造的券拱式的假山洞结构，根据《履园丛话》记载，戈裕良为常州人，"尝论狮子林石洞，皆界以条石，不算名手。余诘之曰：不用条石，易于倾颓，奈何？戈曰：只将大小石钩带联络，如造环桥法，可以千年不坏，要如真山洞壑一般，然后方称能事，余始服其言"。今存苏州环秀山庄之太湖石假山便出自戈氏之手，其中山洞无论大小均采用券拱式结构。由于其承重是逐渐沿券间挤压传递，因此不会出现梁柱式那种压断石梁的危险，用天然石料做券，须注意券石之间接触面传力均匀，因此，应有必要的砍削。图 13-2-65 为环秀山庄山洞，由于采用券拱式结构，顶壁一气呵成。

假山洞的结构并不是截然划分的，也可以融汇贯通。如北京故宫乾隆花园北太湖石假山洞在梁柱式的基础上吸取券拱式的优点，即立柱以后选用具有拱形的山石作拱形梁。也有其他假山洞局部采用挑梁的做法。一般地讲，黄石、青石类呈墩状或具有足够厚度的山石宜采用梁柱式结构。因为天然的黄石山洞就是沿其相互垂直的节理面崩落、坍陷而成的。图 13-2-66 为常熟虞山天然黄石山洞，与扬州个园之黄石假山洞两相对照，可看出结构之相似。太湖石一类的假山洞则宜于采用券拱式的结构。



图13-2-65　苏州环秀山庄券拱式假山洞之外观

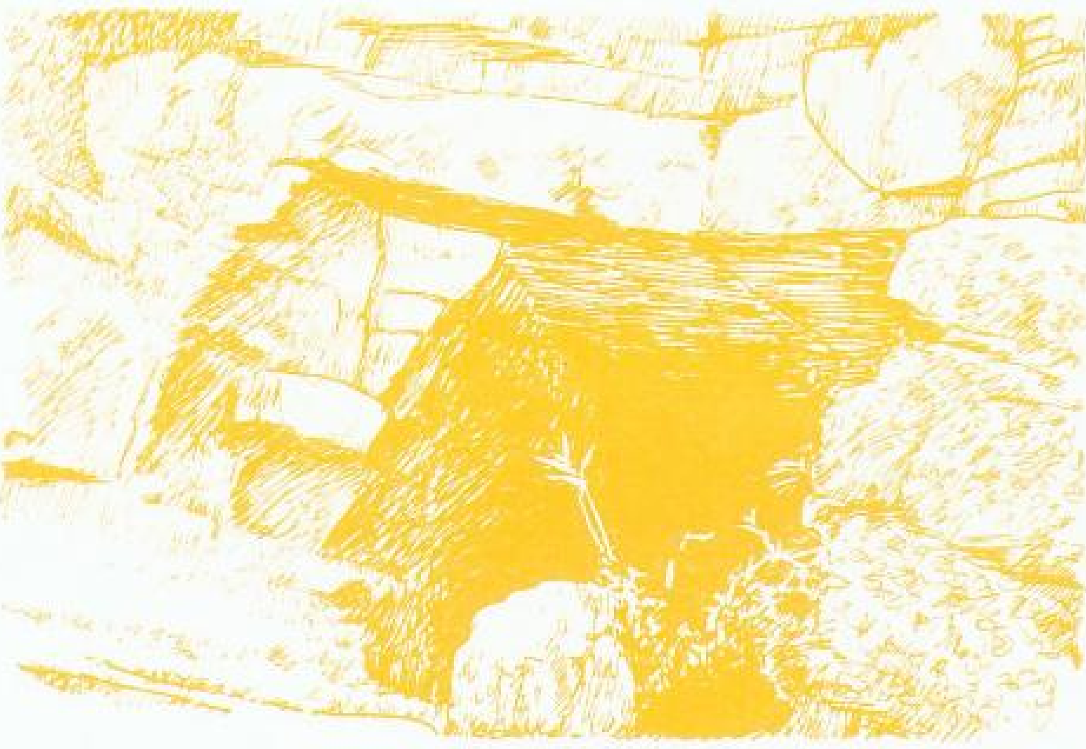


图13-2-66　常熟虞山天然黄石洞观

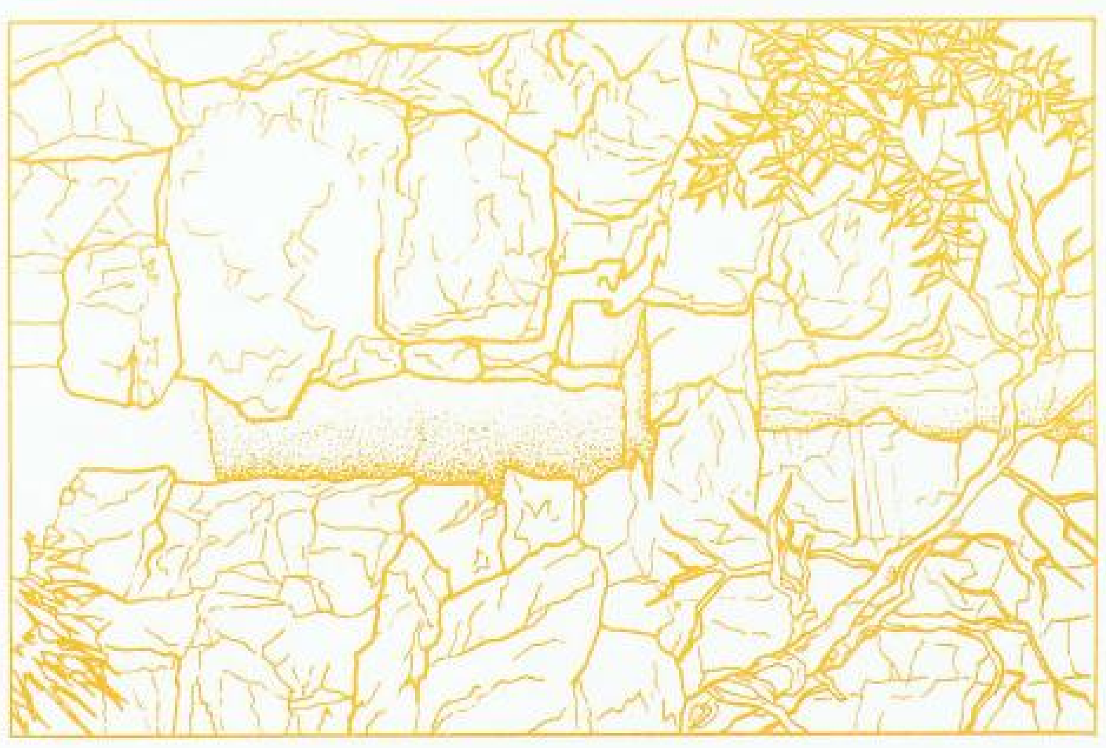


图13-2-67　扬州个园之黄石假山洞



图13-2-68　北京北海静心斋亭与假山洞组合

假山洞的结构还有单洞和复洞，水平洞和爬山洞，单层洞和多层洞，旱洞和水洞等不同做法。复洞为单洞的分支变化。爬山洞具有上下坡的变化，现存圆明园西北角之“紫碧山房”假山洞尚可看出爬山洞的做法，即洞柱随坡势升降，洞底和洞顶亦随之起伏。北京北海清代琼华岛北山之假山洞，不仅广大、深长，而且和园林建筑穿插组合，有复洞和爬山洞的变化，沿山腰曲折蜿蜒，顺山势而升降，时出时没，变化多端。正是李渔《闲情偶寄》所谓“以他屋联之，屋中亦置小石数块，与此洞若断若连，是使屋与洞混而为一”的作法。特别是“延南薰”扇面亭与假山洞的组合，入室自屋角循阶而下进入山洞的做法，把建筑和假山从造型到结构都融为一体，手法熟练而自然。多层洞见于扬州个园秋山之黄石假山洞（图13-2-67），洞分上、中、下三层，中层最大，在结构上采用螺旋上升的办法分层。苏州明代惠荫园仿洞庭西山林屋洞所建之“小林屋”的假山洞是古代旱洞和水洞组合的孤例。

假山洞利用洞口、洞间天井和采光孔洞采光。采光孔兼作通风。采光洞口皆坡向洞外，进光而不进水。洞口和采光孔是控制明暗变化的主要手段。如扬州个园之湖石山洞，充分利用湖石的自然洞穴采光，具有石灰岩岩洞的外貌。苏州环秀山庄之采光孔亦同此法，但大多安置在比较低的位置，下明上暗，既有亮光照路，又保持了洞中较暗的变化，有“地灯”的效果。其洞内地面之西南角有小洞通水池以采取水面之反光，此洞层环相套，由暗渐明，不仅发挥了采光、通风和排水的功能作用，又具有洞景的自然变化。承德避暑山庄文津阁之青石假山洞座落池边，在洞避上做成弯月形采光洞，倒影池中，洞暗而月明，俨如水中映月，可谓匠心独运。

至于下洞上亭之结构，所见有两种。一种是洞和亭重合，亭柱和洞柱重合，重力沿柱下传至基础，由于山洞的柱隐于洞壁而不明显，如避暑山庄烟雨楼假山洞和翼亭之结构。另一种是洞与亭实际上并不重合，亭座落于砖垛之上，洞居砖垛侧边，在砖垛外面用山石包镶之后，尤如洞在亭下。如北海静心斋枕峦亭和其下面假山洞之组合（图13-2-68），亭居洞上而居高临下，洞有亭覆盖而防止雨渗入。

山石水景之结构要领是防漏、防渗，北方多作两步以上的灰土层作为预防，亦兼有防止基础渗入水而产生冻胀的破坏。

第三节　园林建筑

一　园林建筑的特点

中国古代园林因园主的经济地位和各地气候的不同而有帝王苑囿与私家园林以及南北特色的差别，但都是利用环境，因高筑台，就低挖池，亭、台、廊、榭，布列上下，并种植树木花草，以表现自然，创造更典型的山水境域。园林建筑也要配合这一要求而有以下特点：

园林建筑的布局不同于一般居住、寺庙、宫殿等建筑那样有轴线对称的型式，而是因地制宜，充分利用环境，以得景为妙，建筑位置要取最好的视线与观景点。因此，在建筑之初就要深入调查与周密的规划。这样虽无轴线，却能便园内建筑互为对景，园外佳景借入园内，而建筑本身能与地形结合，越山跨水无所不宜，有的则可与山石岩洞结合成为自然与人工相融合的建筑。

园林建筑的空间处理不同于一般封闭方正的布置形式，尽量避免对称，要求有曲折变化，因此除以廊、墙等建筑物分隔空间外还要穿插山石树木，使空间变化灵活而不呆板。花墙或墙上开设漏窗不仅本身造型精美，而且可使空间互相渗透。通过分划空间的大小对比，使人感到景物层出不穷，成为我国园林建筑技术的特色之一（图13-3-1）。

园林建筑除了实用功能以外又是园林的景物之一，因此要比一般建筑更重视造型及轮廓。这一点，最明显的是表现在富有民族形式的屋顶上。北方园林中建筑多不用有正脊的屋顶，而用卷棚屋顶（如卷棚悬山、卷棚歇山等）以求轻巧和曲线轮廓。南方园林中建筑的屋顶翼角采用嫩戗起翘与水戗起翘，更突出了屋顶曲线。在古代帝王苑囿中为了表现仙山楼阁的境界，集中当时能工巧匠技术，创造了丰富多彩的园林建筑，可惜很多没能保存到今天，但在宋画中的黄鹤楼、滕王阁等尚能反映一些古代精湛的建筑形制，而现在的北京紫禁城角楼与颐和园的画中游（图13-3-2）、佛香阁都是以丰富的建筑造型著称的。

园林建筑装饰不同于一般宫殿、庙宇要求雄伟富丽与金碧辉煌的形象，而要求更精巧的装饰与环境调和的色彩。园林建筑要做得空间通透才能尽收室外四时之景。因此多设空廊、洞门、漏窗、隔扇等做法，人由建筑内部向外观看景物，可利用建筑的这些部分形成框景（图13-3-3）。古代匠师还把这些建筑的局部，巧妙地加工，做出精美的雕刻或成图案式装饰，如外檐的挂落、栏杆及内檐的罩。为了能表现出建筑材料的质感，砖用清水磨砖，不外加抹灰；木用清油，不施彩画，这样更能看到木质原有纹理。帝王苑囿虽施彩画，也与宫殿用的画法有别，用色彩淡雅图形自然的“苏式”彩画。清康熙承德避暑山庄湖区的建筑就不施彩画。

二　古代园林特有的几种建筑

（1）台：建筑物之居高临下，可以眺望者。以土为台，技术简单，是最早出现的游观建筑。《五经异义》记周时天子有三台：灵台以观天文；时台以观四时施化；囿台以观鸟兽鱼鳖。周灵王起昆明台以宴群臣。秦始皇筑鸿台，上起观宇。汉武帝起柏梁台，上有承露盘。台初为土，由于土台不能做得很陡，高度受到一定限制，所以汉时用木作井干台，《关中记》说：“井干台高五十丈，积木为楼，言筑累方木、转相交架、如井干”。《长安志》说：“井干楼、积木而高为楼、若井干之形也。”，台上加建筑常沿用台称，如曹魏之铜雀台等都是在台上有建筑物的。后来砖石加工技术

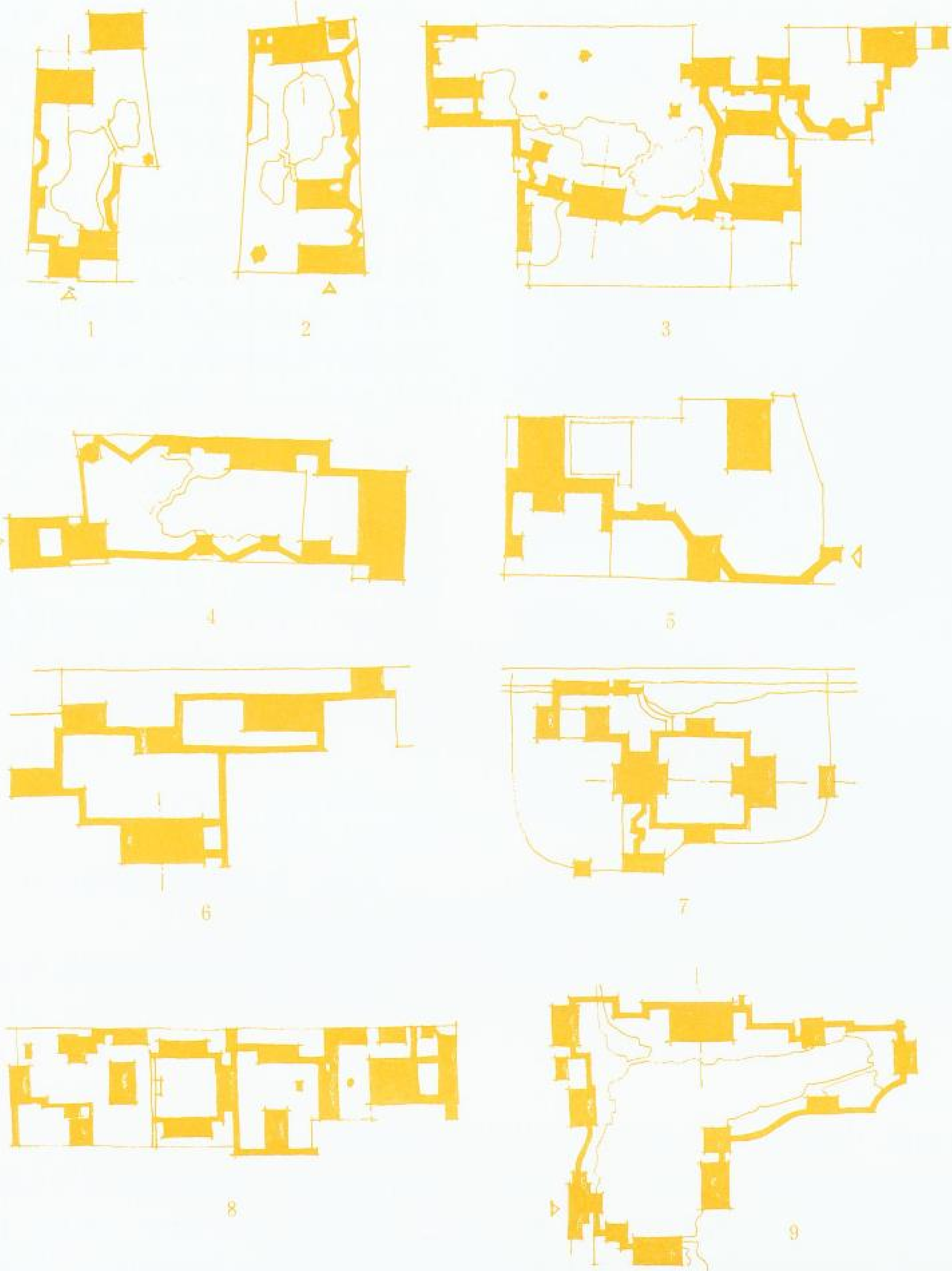


图13-3-1 （1）园林建筑平面布局

1.苏州半园；2.苏州鹤园；3.苏州怡园；4.苏州畅园；5.苏州王洗马巷万宅花园；6.承德离宫万壑松风建筑群；7.北京北海画舫斋；8.北京故宫中的乾隆花园；9.北京颐和园谐趣园



图13-3-1 （2）南方园林曲折分隔

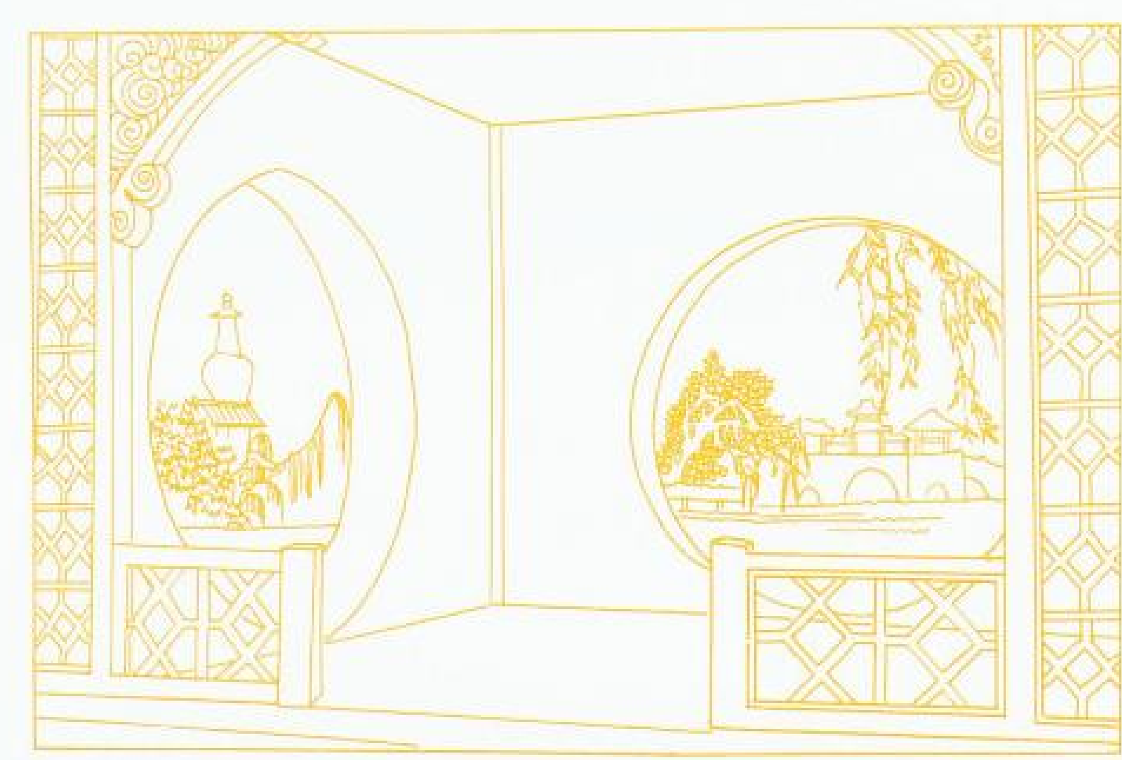


图13-3-3 扬州瘦西湖钓鱼台

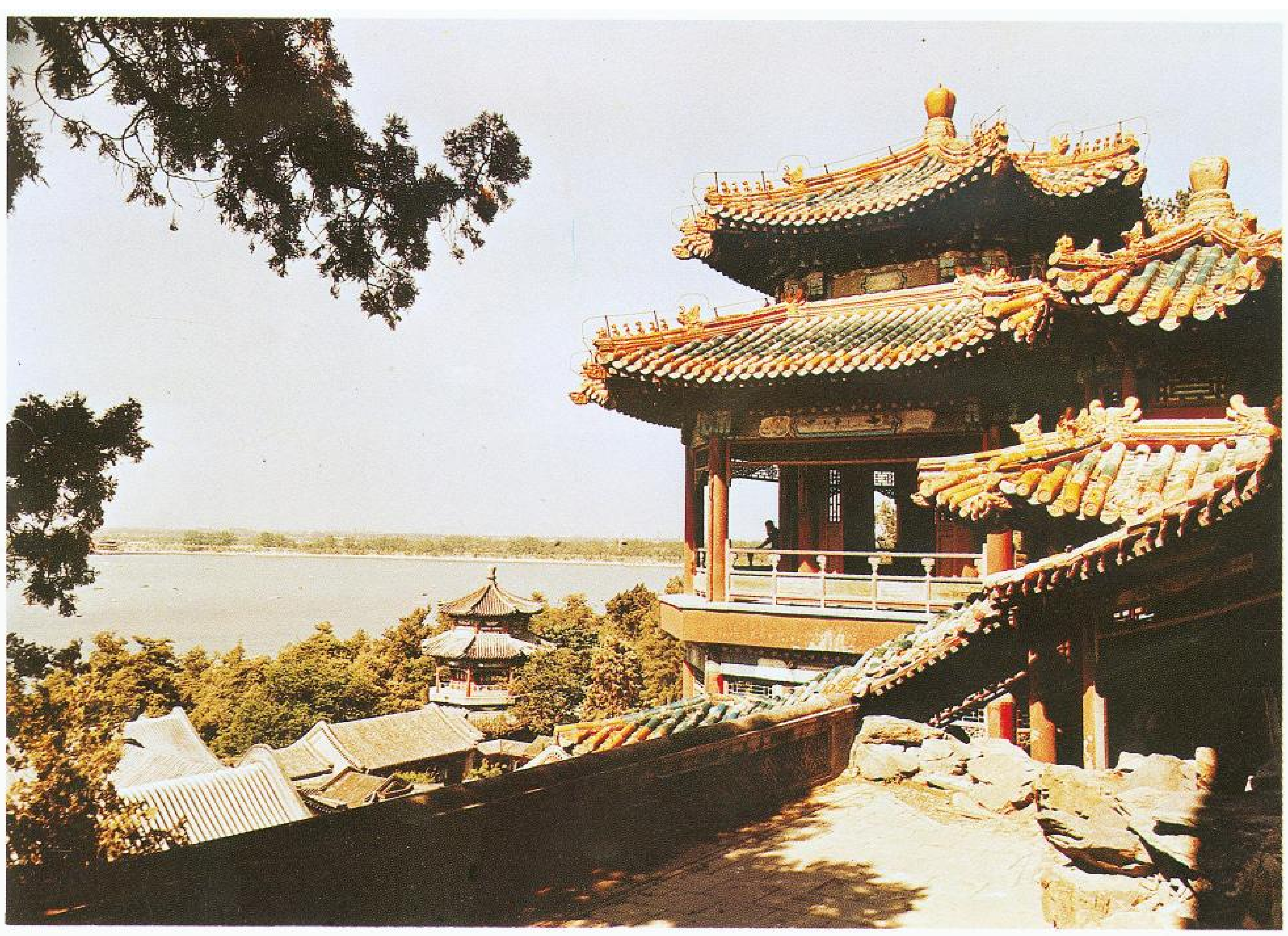


图13-3-2 北京颐和园画中游

发展，台改用砖石材料为之，石灰夯土的大量使用为筑台基础创造有利条件，这样台可以筑的更高，而且耐久，甚至可以建在湖泊水面的岸边。台都有能上下的磴道和防护的栏杆，而磴道与栏杆的处理直接影响于台的轮廓与造型，是园林建筑的重要考虑项目。台在结构技术上主要防止滑坡、崩塌和冻胀，过去以灰土分步夯实的办法来解决。临水台基也有用木桩加固的办法。

（2）楼阁：汉代文物如武梁祠和孝堂山画象石以及汉墓出土明器等都有不少二、三层的建筑。宋画黄鹤楼、滕王阁就能清楚地看出当时楼阁的形式。高台重楼不但便于登高眺望，而且造型突出，技术精湛，往往成为园林中的重点景物。现存楼阁实物多为明清所造，如承德避暑山庄湖区主要风景建筑烟雨楼（图13-3-4）和北京颐和园主景建筑佛香阁（参见图13-0-5）佛香阁建在万寿山中心高台上，重楼高阁，形成全园的构图中心。这类楼阁多采用重檐或多檐，十字脊或歇山顶，以求得丰富的轮廓造型。另一类即江南园林中的楼阁建筑，因园林面积小，楼阁多较小巧而结合环境，如苏州拙政园的见山楼，楼虽分上下两层，但上层与山石相通，由山上可直达第二层，这样的例子在江南园林中是很多的。有些楼阁利用室外的山石为梯，不但节省了室内楼梯面积，还能增添自然乐趣。清朝帝王宫苑中仿江



图13-3-4 承德避暑山庄烟雨楼

南名园规划而建造的园林中，也常有这种楼。如颐和园谐趣园的瞩新楼，北海静心斋的叠翠楼（图13-3-5）。过去楼阁都是木架承重，因而可以自由开窗，根据不同使用要求，门窗可以装在檐柱上，也可以留出檐廊，将门窗安装在金柱间，门窗是活动安装的，因此可以配合不同季节装上或取下。

（3）亭：中国园林中应用最多的游赏建筑莫过于亭。秦制十里一亭，这是设在郊野行驿之所；汉洛阳二十四街，每街一亭。这些都不是建在园林中的。至唐时园林中建亭的渐多，在技术上有了很多创造。《唐语林》卷王云："天宝中，御史大夫王鉷太平坊宅有自雨亭，檐上飞流四注，当夏处之凛若高秋"，这是古代建筑上引水取凉的例子。《解醒语》载："元燕帖木儿建水晶亭，四壁水晶镂空，贮水养五色鱼"，这是我国最早类似水族馆的建筑物。《天中记》载宋理宗时宦者董宋臣为制拆卸折叠之亭，可随意移置山水佳胜处，这无疑是可装可拆的活动式房屋。还有亭中引水凿石为渠道，专供流杯觞咏之用的流杯亭等。

园林中的亭有很多形式，平面有正方形、长方形、圆形、正六角形、正八角形、三角形、十字形、扇形、双套方等（图13-3-6）。立面大部分为攒尖顶，有单檐、重檐及三重檐（图13-3-7）。北京景山公园的万春亭，就是平面正方形的五开间大体量亭子，是城市轴线制高点，登之可瞬瞰全城，因此采用了轮廓突出的三重檐屋顶，这样还恐不足，又对称配置了四个亭子，以加重其组合体量。两边的周赏亭与富览亭是重檐八角形式，观妙亭与辑芳亭是重檐圆形的形式，依次而变化着。

清代北京帝王宫苑中的亭子，大都按清工部《工程做法》构筑，如四脊攒尖方亭，柱高按面阔十分之八。梁架结构有的用抹角梁，也有用长短扒梁，架起用由戗集中支撑中间悬空的雷公柱，柱上套以宝顶，下端做成垂莲柱，六角亭柱高按面阔十分之十五，柱径为高十一分之一的比例。梁架用长短扒梁，由戗上交雷公柱与四角亭相同，八角亭除柱高按面阔十分之十六以外，其余大致与六角亭做法相同。园亭虽柱间比例与六角、八角相仿，但屋顶做法更为复杂，枋梁桁条要随园制造，屋面瓦件也随攒尖形式而要求上小下大。南方私家园林中亭子做法并不统一，比例大小变化较多，没有则例的限制，不似北方千篇一律，如苏州拙政园建于扁平小山上的雪香云蔚亭，采用了长方形矮比例造型更能配合环境。园林中亭的占地不大，可以随处安放，有的建于园林桥、闸之上，如北京颐和园荇桥、练桥上都建有亭。杭州西湖三潭印月亭与曲桥结合，扬州瘦西湖五亭桥，在桥台上建有五亭，成为瘦西湖主要景物之一（图13-3-8）。

园林中亭多为开敞建筑，不设门窗，在柱间可安以坐凳。如在水边、山崖还可做成栏杆或靠背栏杆。但也有在亭上做洞门或门窗的，如苏州拙政园的梧竹幽居亭，四面做月洞门，景物通过双层月洞望去更觉幽深。拙政园西部两宜亭装有可以装卸的门窗，冬夏两用（图13-3-9）。

（4）廊：堂下周屋谓之廊。起源于建筑四周出一步架，初期非独立之建筑物。汉、魏有用廊联系庭院的记载。唐宪宗时，大明宫内太液池南岸曾建廊四百间。由宋画金明池夺标图看出，宋时廊也成为园林中独立的观赏建筑（参见图13-0-2）。廊在园林中主要作联络建筑间交通之用，也可作为导游路线。中国园林中还利用廊划分景区，有透有障，可增加空间层次，能使空间有对比变化。其型式有：

直廊：如北京颐和园前山用一长廊贯通（参见图13-0-6）。

曲廊：江南私家园林用的很多，如苏州拙政园的柳荫复曲廊。有些曲廊在园的边角转折处留出一些小院，栽花置石成为小景（图13-3-10）。

复廊：两廊相并，中间隔以漏墙，这种廊既分隔园内空间，又能互相通透，使园景增加层次，如苏州怡园、沧浪亭都有这种复廊。

爬山廊：建于山坡，联系山上下建筑，本身起伏变化，丰富了园林景色，又使山路有建筑覆盖（图13-3-11）。北海看画廊就是建筑在琼岛山坡的磴道上。

涉水廊：是临水所筑之廊，如苏州拙政园西



图13-3-5 北京颐和园瞩新楼

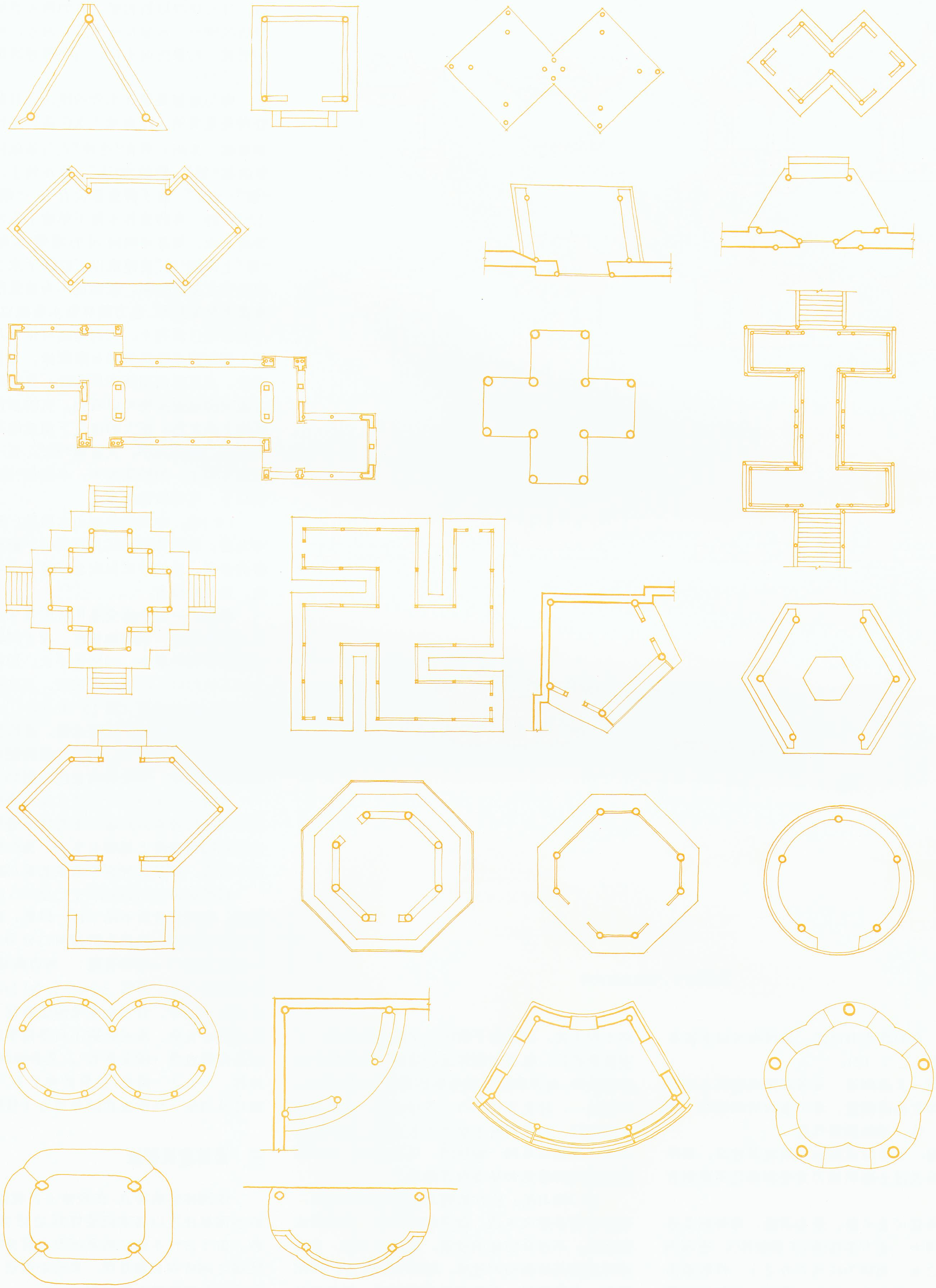


图13-3-6 亭的平面数种



图13-3-7 亭的立面式样

部波形廊。有的跨水面而建。这种廊可以丰富水面层次（图 13-3-12）。

双层廊：又称阁道，是用在楼阁建筑之间双层通廊。如北海漪澜堂、道宁斋间的两层廊，把楼阁联成一体，增加建筑气势。

万字廊：是专以廊组合成的观赏建筑，如中南海万字廊及过去圆明园万方安和都是用廊组合而成的。

廊的布置可直可曲，最为灵活。廊每间是进深小而面阔大。北方多按清《工程做法》，进深为柱高六分之五，面阔为柱高六分之十。柱断面多取海棠方柱，以柱高十分之一取材，屋架用四檩卷棚，转角处用递角梁，屋面多为小筒瓦，顶内部不用天花。柱间枋下倒挂步步紧花格挂落，下安坐凳栏杆，既有方便休息的功能，又是廊中连续的装饰。南方私家园林中廊的每间比例较灵活，不甚统一，较北方为小巧，用材也细，廊的屋顶下可加轩，因此用料不要求非常方整。依墙而建的廊，瓦顶原是向一面坡的，用复水椽，内部就没有倾斜的感觉而显得整齐美观了。

（5）榭与舫：古代的榭是台上建屋的意思。园林中榭多建在水边，故有水榭之称。舫同是水边建筑，不过是仿船的造型，故又称旱船。南方园林的舫是仿画舫而建成，船舱分三部分。前舱较高，中舱略低，后舱高起成两层楼，可登高眺望，如苏州拙政园中的香洲，建于水边，形似画舫，并与他岸以桥相接，有如跳板登船，即是这种舫的例子。入室反而下降一两步，故有入船舱的感觉，形象仿而不俗，与周围建筑很协调（图 13-3-13）。

榭与舫都是建在水旁的建筑，其驳岸与基础处理是重要的。江南地下水位高，多用木桩或石桩基础。苏州一带有“迭领”式石基础传统做法。竖的称“领”，横的为“迭”。放在领上，一般用一“领”一“迭”。柱子荷重部位有用一“领”三“迭”到七“迭”的。有的园林水榭不单建于临水而且部分架凌水面，如苏州网师园的濯缨水阁，则要在“迭”上再加“领”使建筑以石柱架于水上，则建筑有凌空水面的效果。水面也不为建筑所隔断，有水源不尽的效果。北方园林临水基础以灰土为主，一般常用三步灰土，大的基础可作十几步。北方帝王苑囿临水建筑多用石砌驳岸，为了防止冬季冻胀，在石岸后面还砌后背砖，并打后背灰土。由圆明园遗迹实物可以看到，有的后背砖与灰土厚达 2 米左右。在大的建筑下面或地基不好处还要打桩。桩分大小，大者称“桩”，长一丈以上，径五寸以上，用铁硪砸下；小的称“地丁”，长一丈以下，可用铁锤砸下。

（6）桥：中国园林以山水取胜，园内交通不可无桥。我国各地形式多样的桥，都可为园林用桥的参考。桥的形式以配合环境为园境增色者为佳，常见的桥有：

曲桥：一反普通交通用桥的要求，故意在水面上曲折而过，以增加长度，便于浏览水景。南方园林中用的很多。因桥体不大，用石柱、石梁上架石板即可。所用栏杆也矮，只在桥边架以简单石梁，高如坐凳（图 13-3-14）。

拱桥：拱桥利于水面通船，造型优美。如北京颐和园的玉带桥等，除了行船的便利外，拱桥倒影映在水中，形成特殊景色（图13-3-15）。

亭桥：园林中为了打破水面与堤岸横线构图的单调，需要加以点缀，常有桥上建亭者，如北京颐和园西堤桥上都建有亭子，扬州瘦西湖上的五亭桥等，都是这种园中造景的桥（图13-3-16）。

石桥在清《工程做法》中已总结了很多经验和数据，那时设计桥不论平桥、拱桥，皆以河口宽度定桥的比例。如单孔桥按河口分为三分之一中一分定为金门（即中孔宽）。两边雁翅各一分，三孔桥河口分一百零三分，中孔金门以十九分定，次孔各十七分。分水金刚墙两边各宽十分。雁翅各直宽十五分。清式桥拱不只是简单的半圆拱，而是用锅底券（即尖形券），其券弧圆心各左右外移二十分之一跨度。这样的券形不只造型优美，而且从力学上分析也比圆券更近于传压曲线。

三 园林建筑装修

论园林建筑特点，在装修上表现得更为突出。许多园林往往以其建筑装修制造活泼精巧而取胜。由于古代木架结构系统没有荷重墙的限制，柱梁之间可以自由处理，更给创造这些建筑装修有充分的发挥技术的可能。

（1）洞门：古园林墙上常开有图案轮廓的

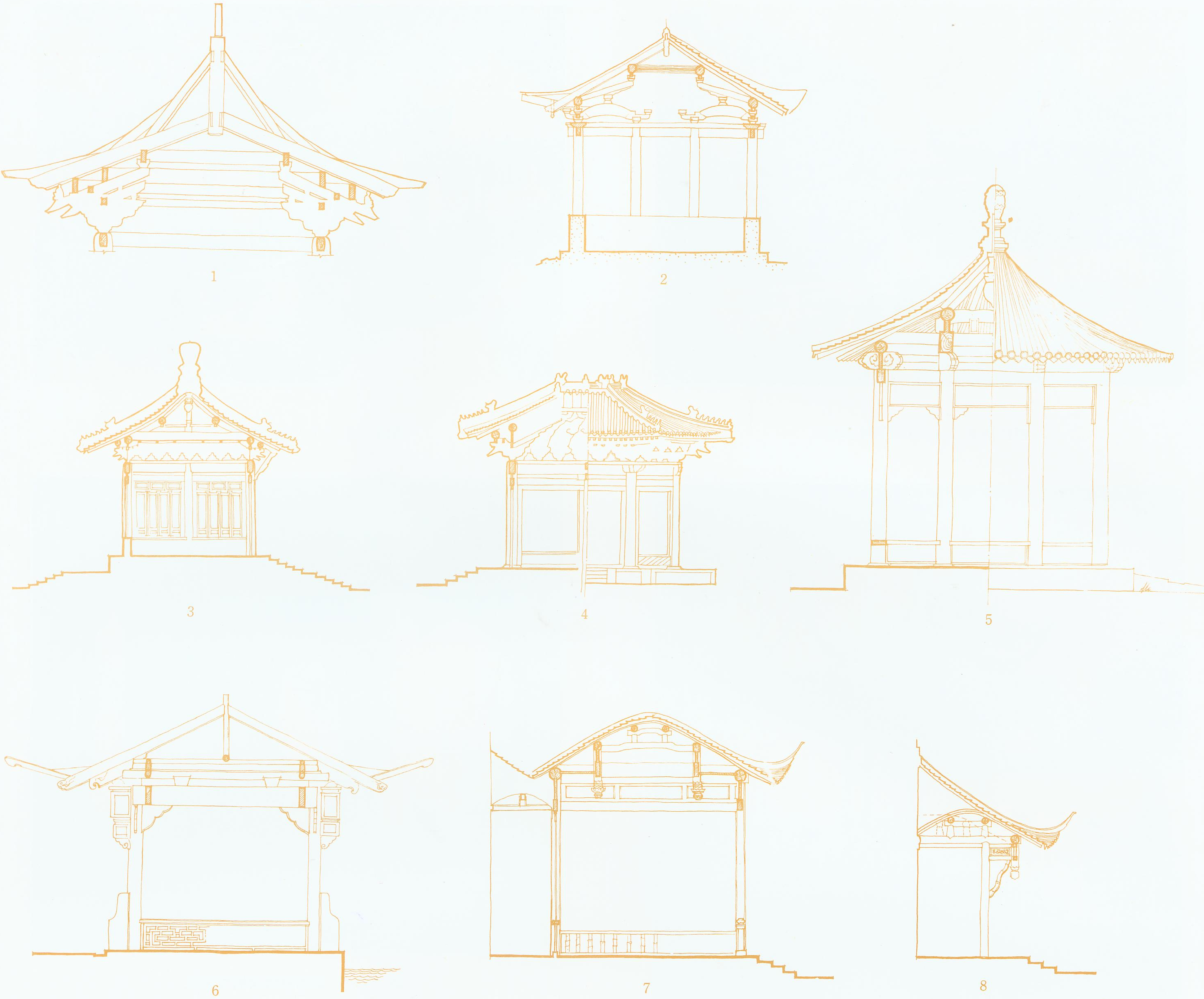


图13-3-8 （1）亭的剖面结构图

1.宋营造法式亭榭（转录梁思成《营造法式注释》）；2.苏州艺圃乳鱼亭剖面；3.社稷坛习礼亭六角攒尖顶结构；4.太庙八角盝顶井亭剖立面；5.北京北海见春亭剖立面；6.杭州三潭印月三角亭剖面；7.苏州铁瓶巷住宅戏亭剖面；8.苏州拙政园东半亭剖面



图13-3-8 （2）北京颐和园知春亭



图13-3-8 （3）北京颐和园荟亭

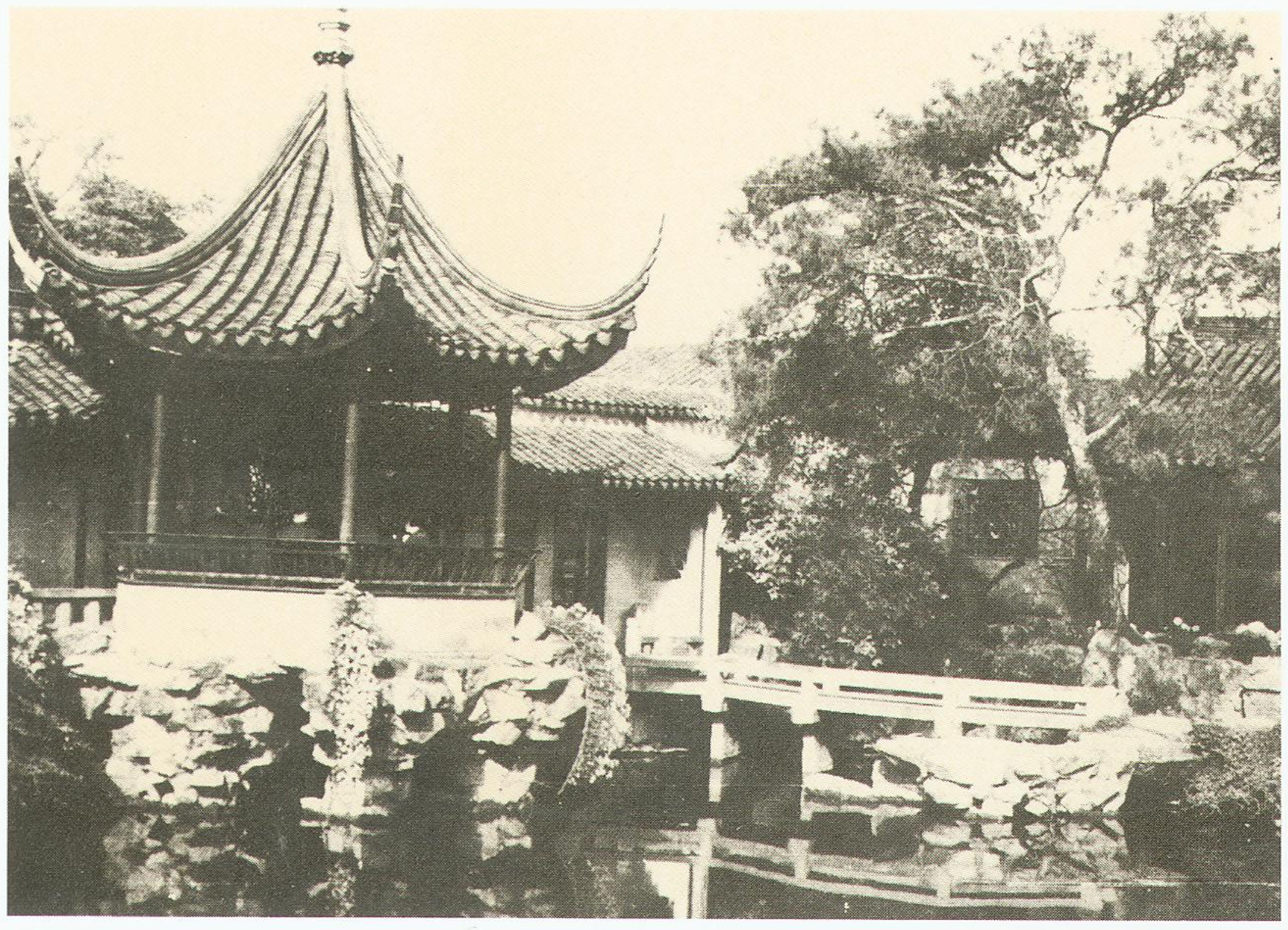


图13-3-8 （4）苏州网师园某亭



图13-3-8 （7）无锡寄畅园一角



图13-3-8 （5）苏州留园东园——角亭

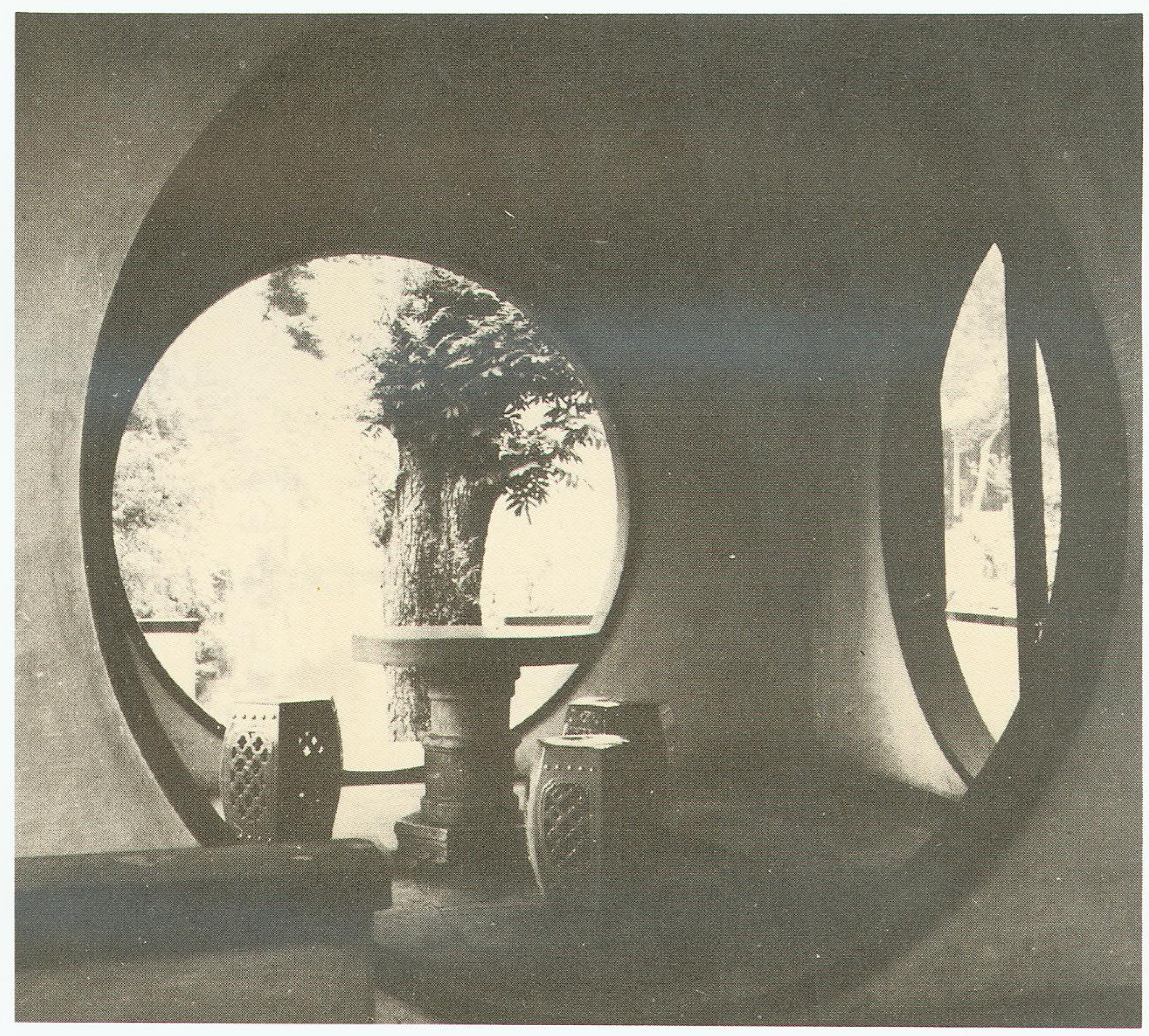


图13-3-9 苏州拙政园梧竹幽居



图13-3-8 （6）苏州网师园冷泉亭

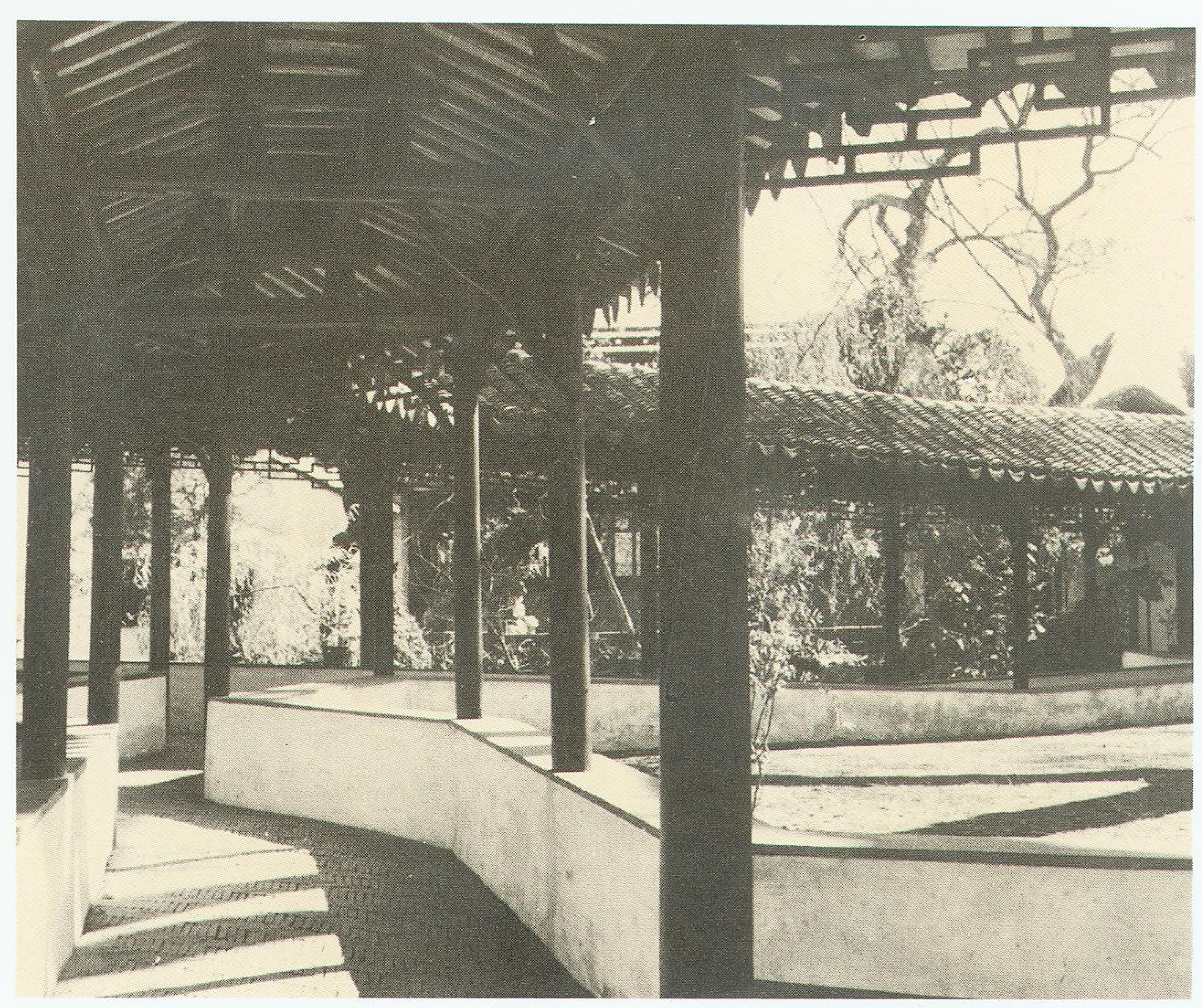


图13-3-10 苏州拙政园长廊



图13-3-11 无锡惠山爬山廊

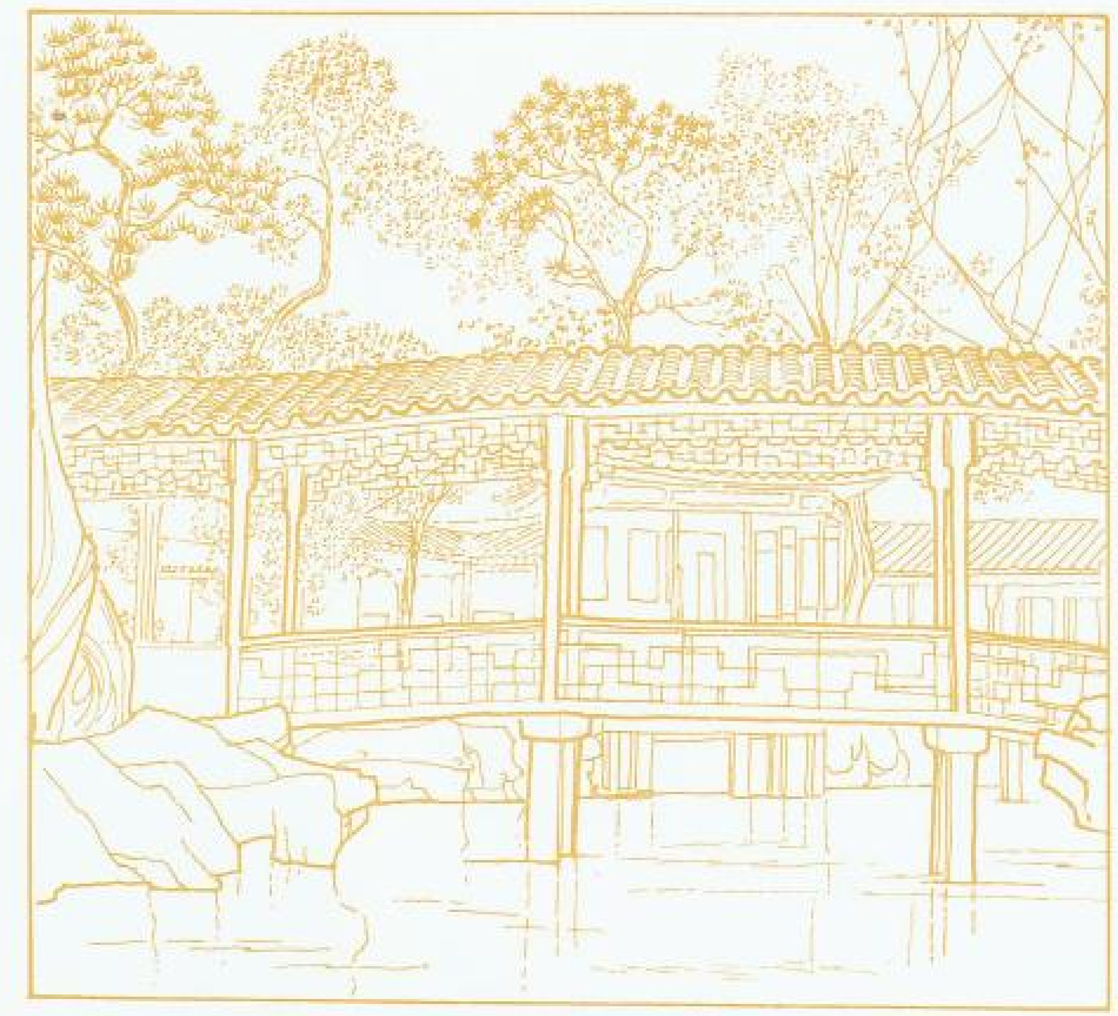


图13-3-12 苏州拙政园小沧浪



图13-3-13 苏州拙政园香洲澂观楼

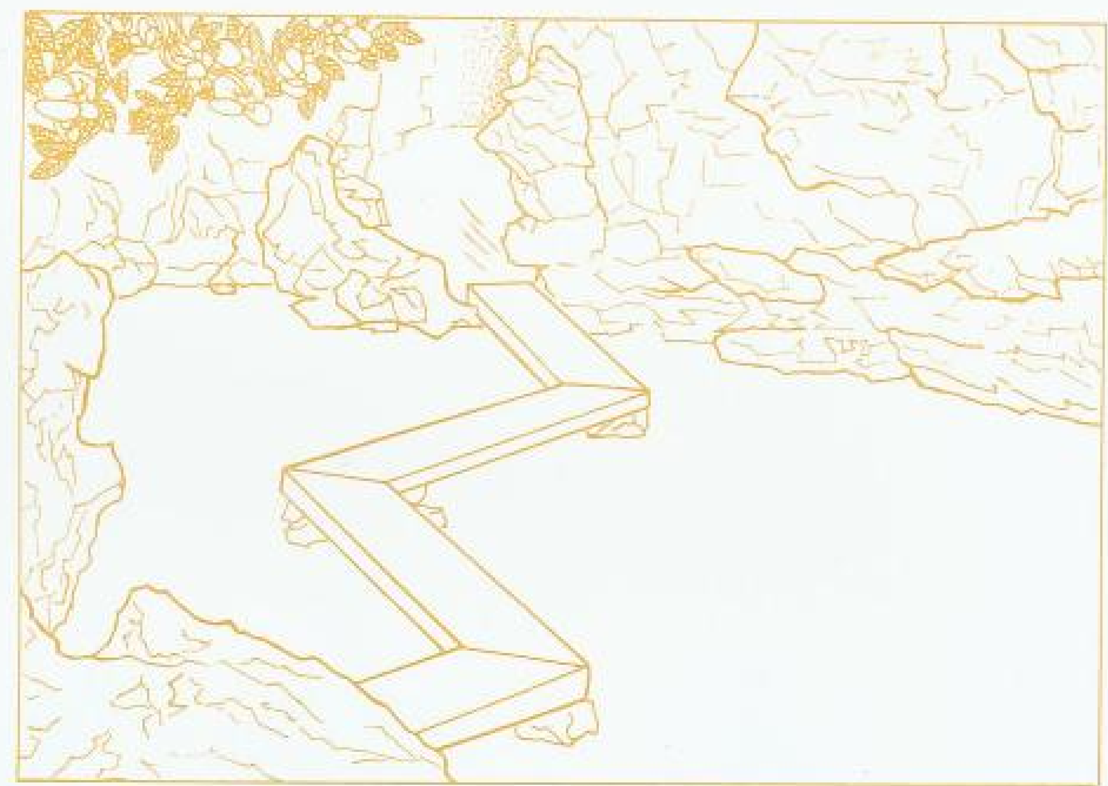


图13-3-14 南京瞻园曲桥

门。早在明代《园冶》中就写有“门窗磨空”。精巧的瓦工磨成图案形的门，在边上雕以起线脚的砖边，每个洞门开处并设有对景，使经过这里的人看去都是一幅幅园中图画小品。《园冶》中收集有不少这类洞门的基本造型。起线的砖边线脚制造也很精细，同木工做画框用的线刨相似，用砖线刨刨成各种砖线脚（图 13-3-17）。

（2）花窗：园林中的窗不只是为通风采光，而且有取景与装饰作用。有的花窗如洞门，有图案外形，是全空的。有的加以砖木的图案花格，造成内外空间渗透并有光影的变化，是我国独特的园林装饰（图 13-3-18）。更有在漏窗中空部分做成景物，成为一幅幅艺术作品（图 13-3-19）。北方园林，为适合气候特点，墙上用什锦窗，两面加玻璃，中间安灯，可以昼采天光，夜照灯光，虽不如南方漏窗轻巧，但外形多样，别具一格，有方、圆、六角、八角、扇形、石榴等式样（图 13-3-20）。

（3）外檐的栏杆与挂落：园林建筑，常因临水或在半山，需要有防护的栏杆。古代的栏杆本为木制，竖木为栏，横木为杆。后来室外栏杆改用石材，但其式样花纹尚取自木制传统。由宋《营造法式》勾阑图样，尚可反映木制式样来源。到明清苑囿中所用石栏杆已经形成一套定型比例与加工技术，雕刻花纹也有多种式样。一类栏杆是望柱加拦板式，用的最多，望柱雕刻花纹有龙、凤、云纹等，拦板的雕刻有空心、有实心（图13-3-21）。另一类栏杆是只用拦板，板上只刻简单

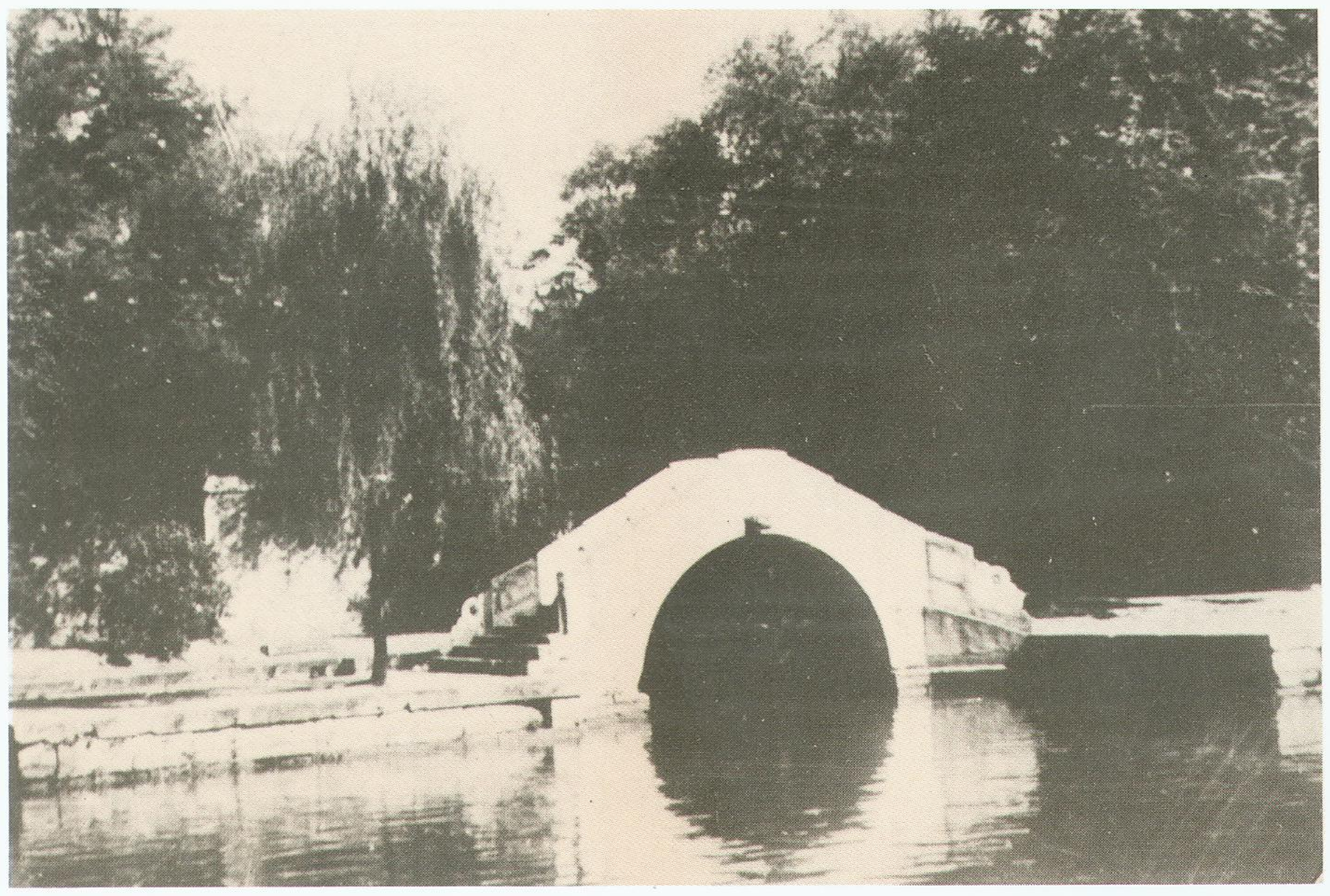


图13-3-15 （1）北京颐和园后湖石拱桥

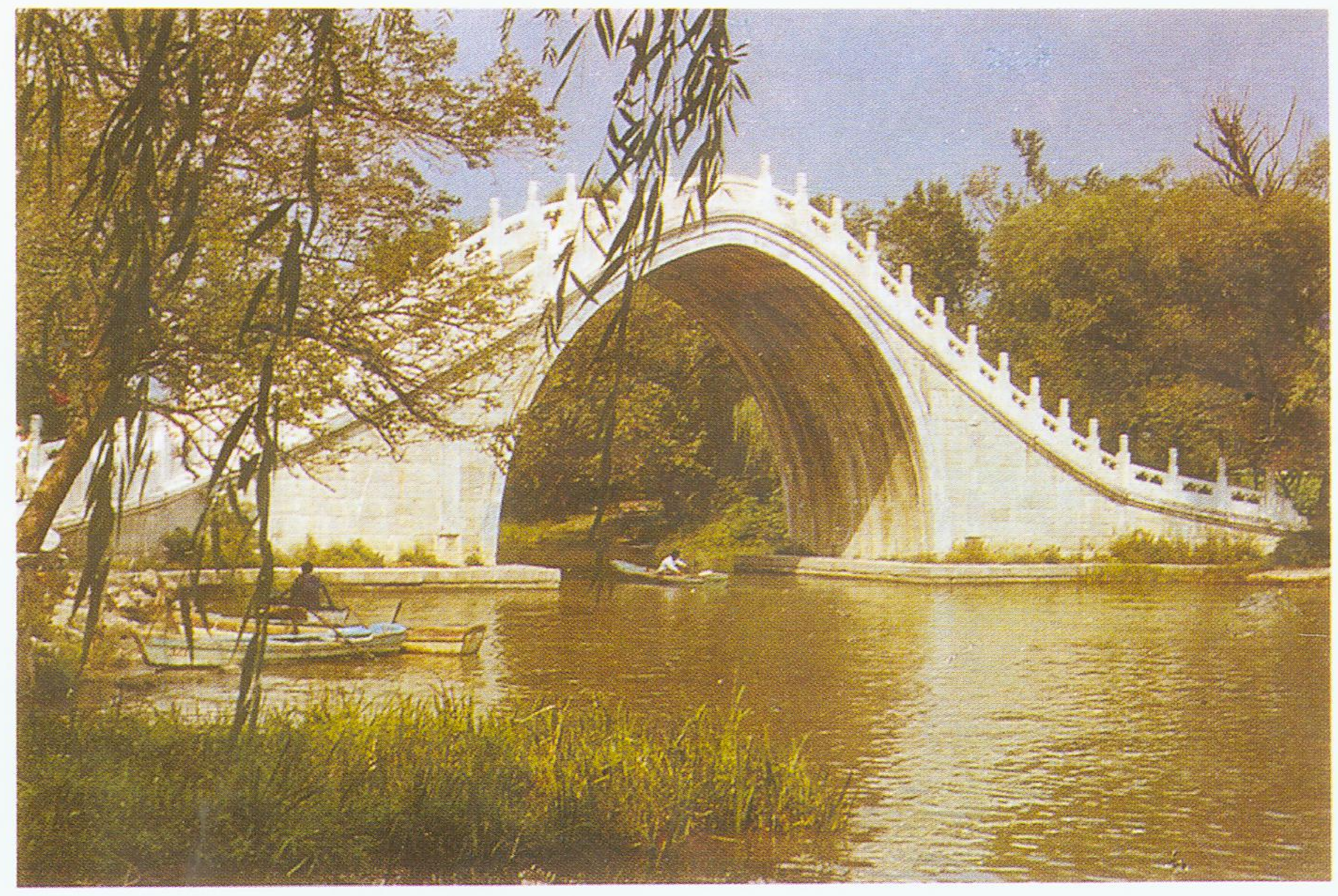


图13-3-15 （2）北京颐和园玉带桥

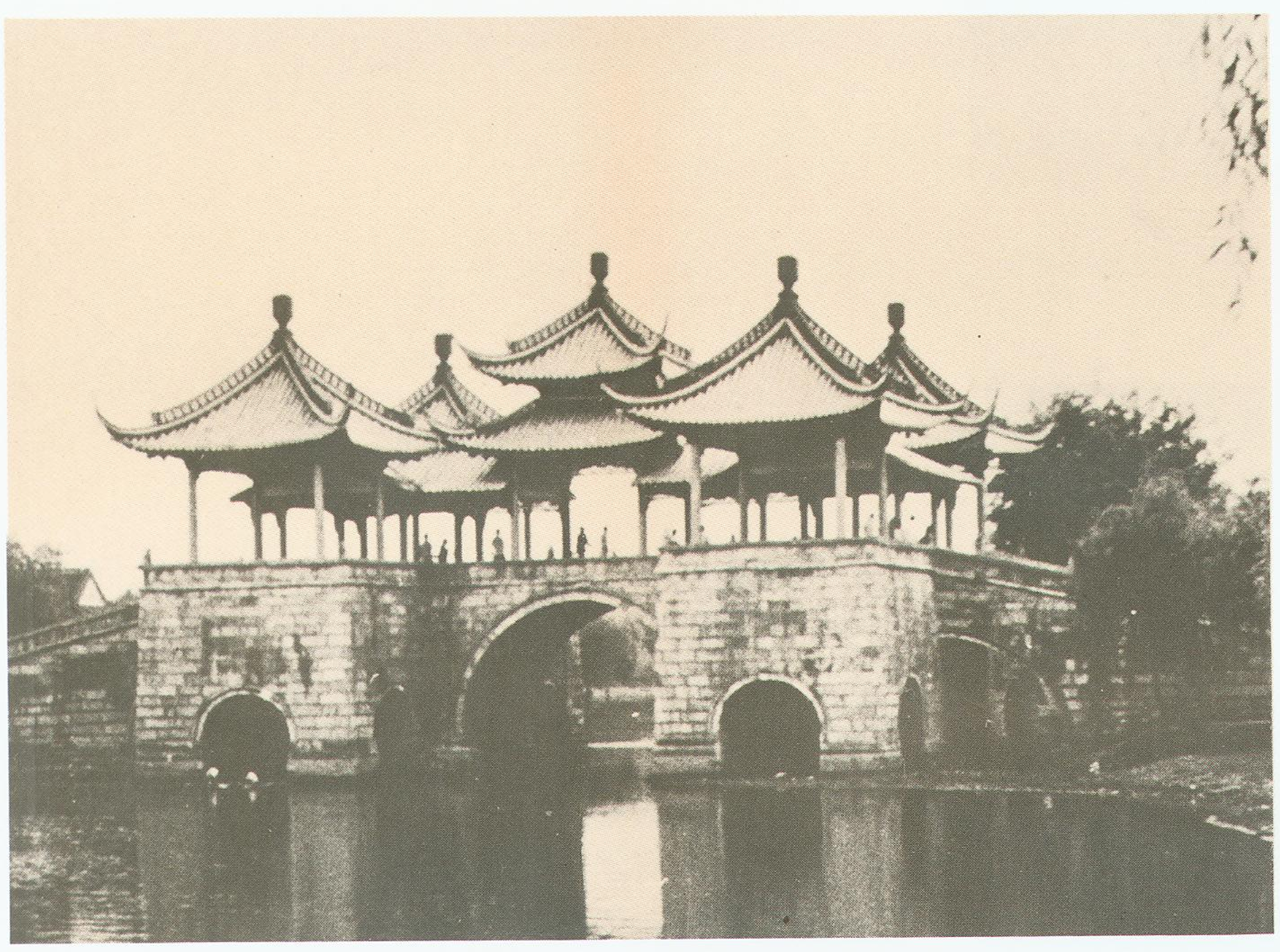


图13-3-16 （1）扬州五亭桥

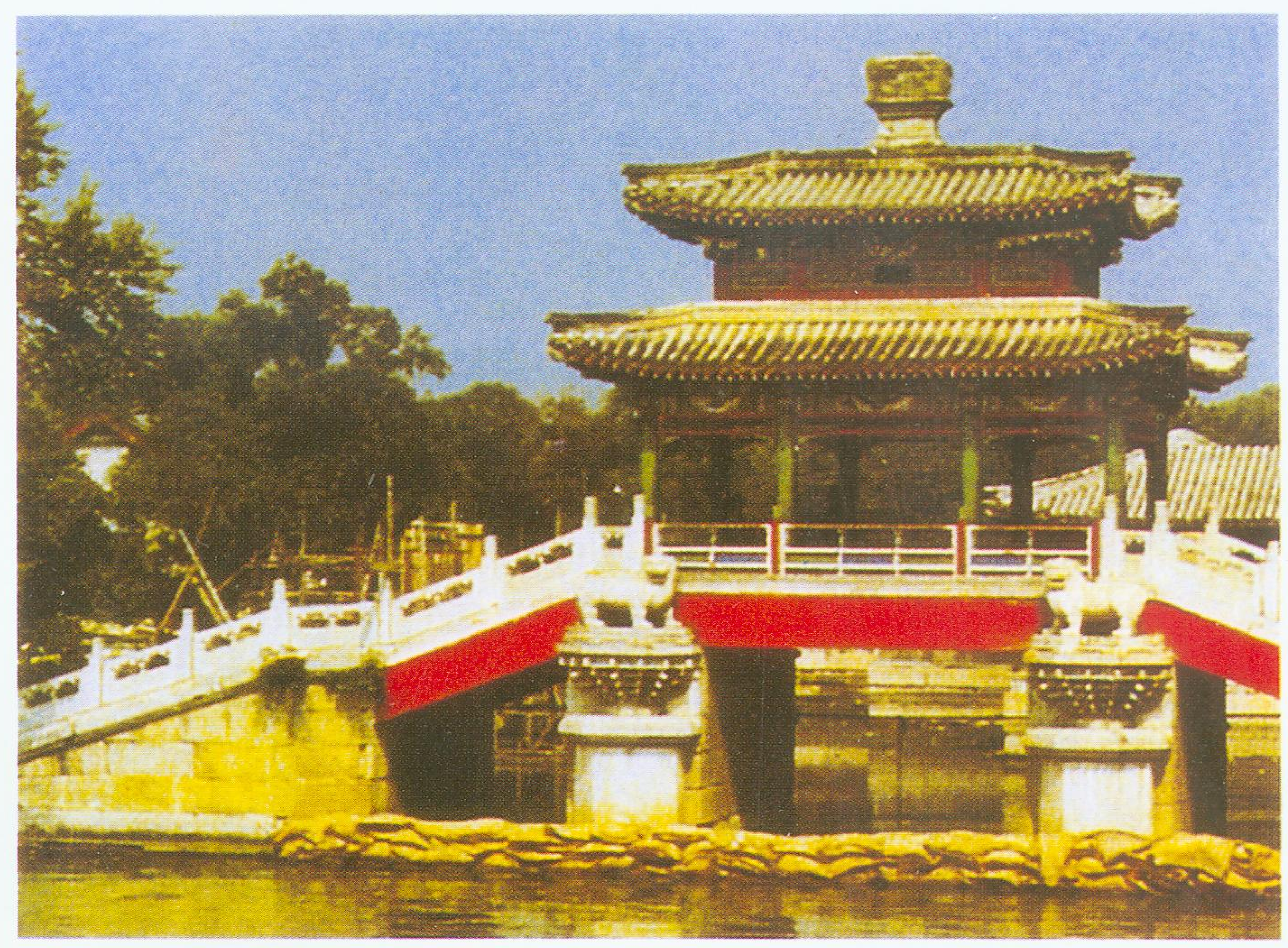


图13-3-16 （2）北京颐和园荇桥

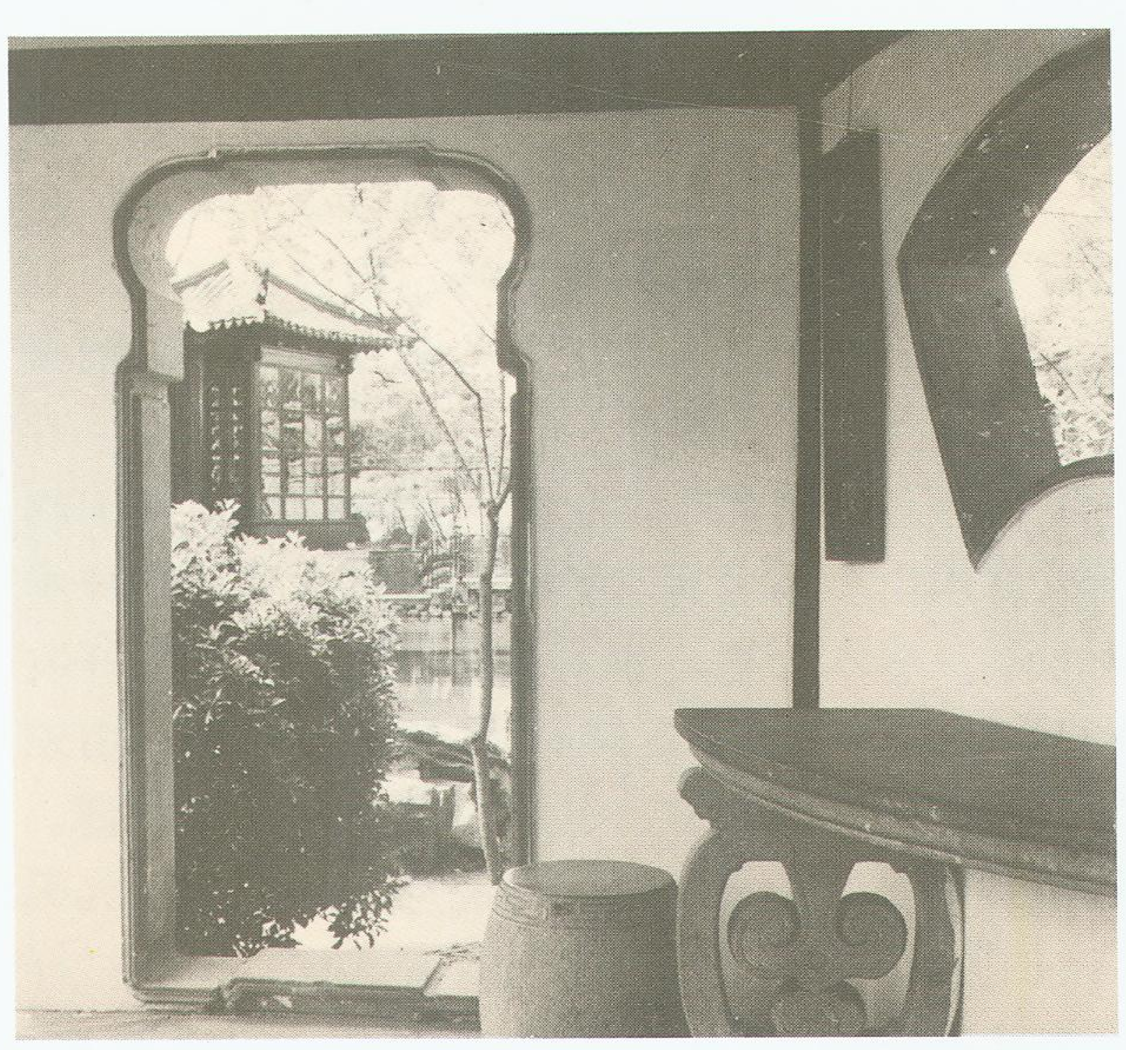


图13-3-17 （1）苏州拙政园“与谁同坐轩”

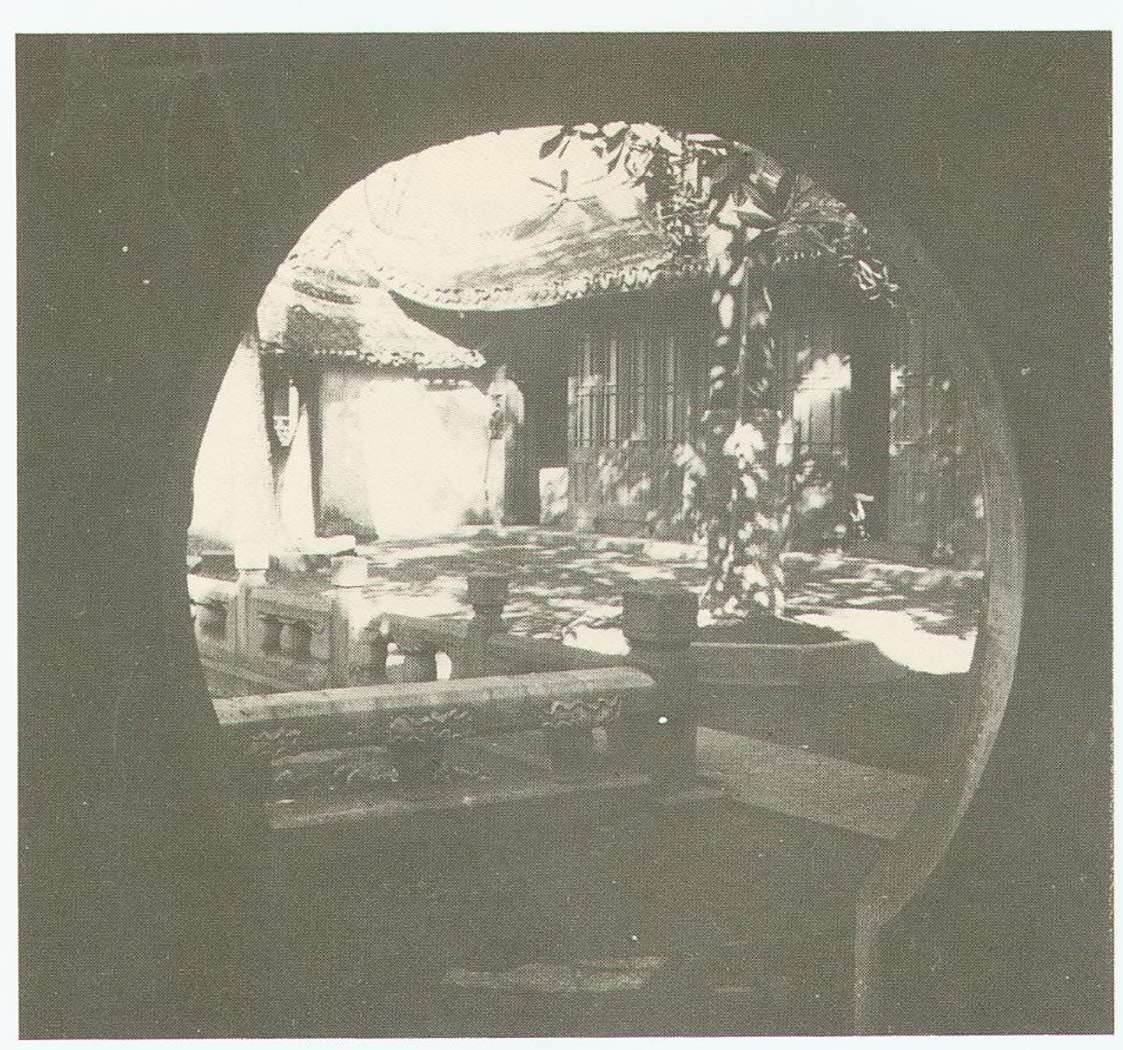


图13-3-17 （2）苏州西白塔子巷李氏园



图13-3-18 苏州留园花窗

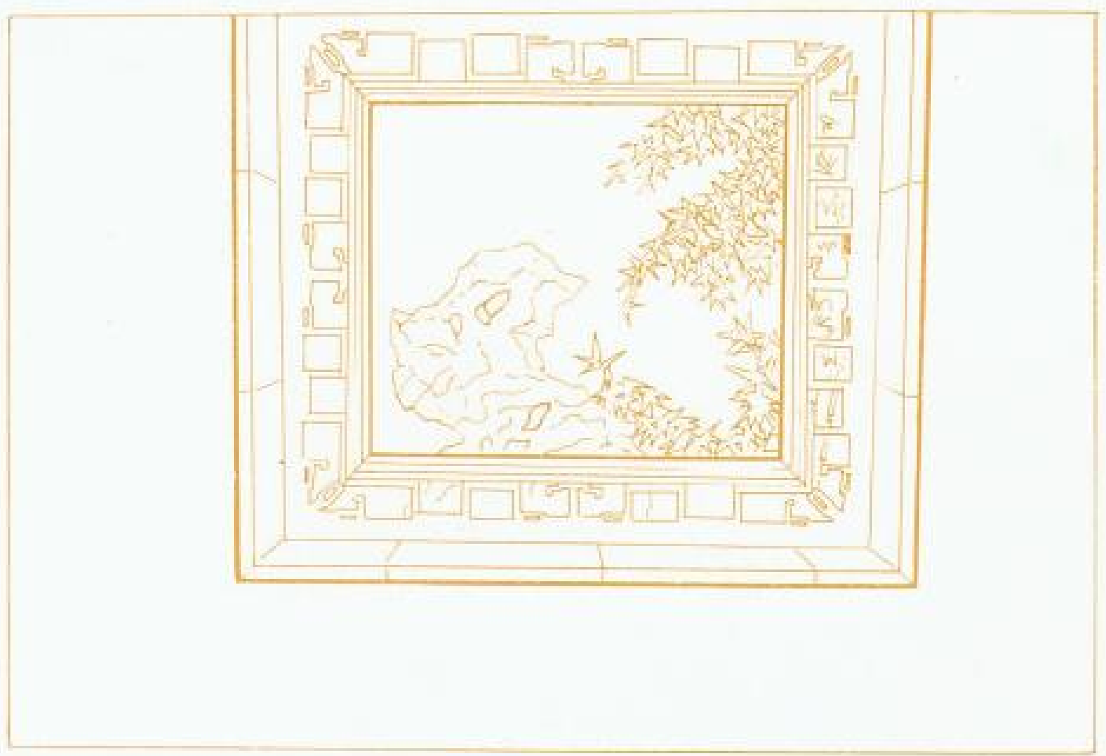


图13-3-19 苏州留园揖峰轩窗格



图13-3-20 北京颐和园听鹂馆灯窗

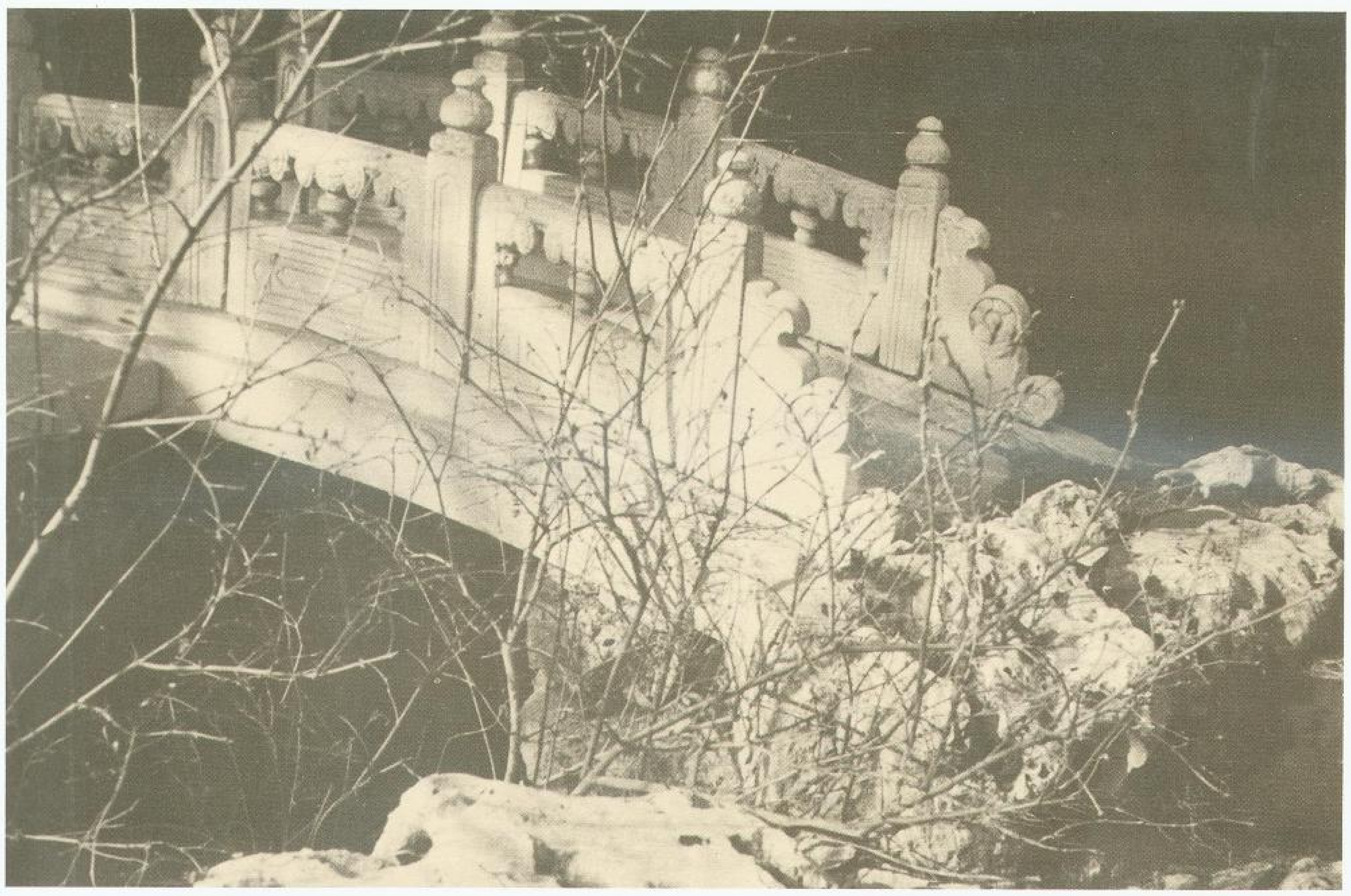


图13-3-21 北方旱白玉栏杆（乾隆花园）

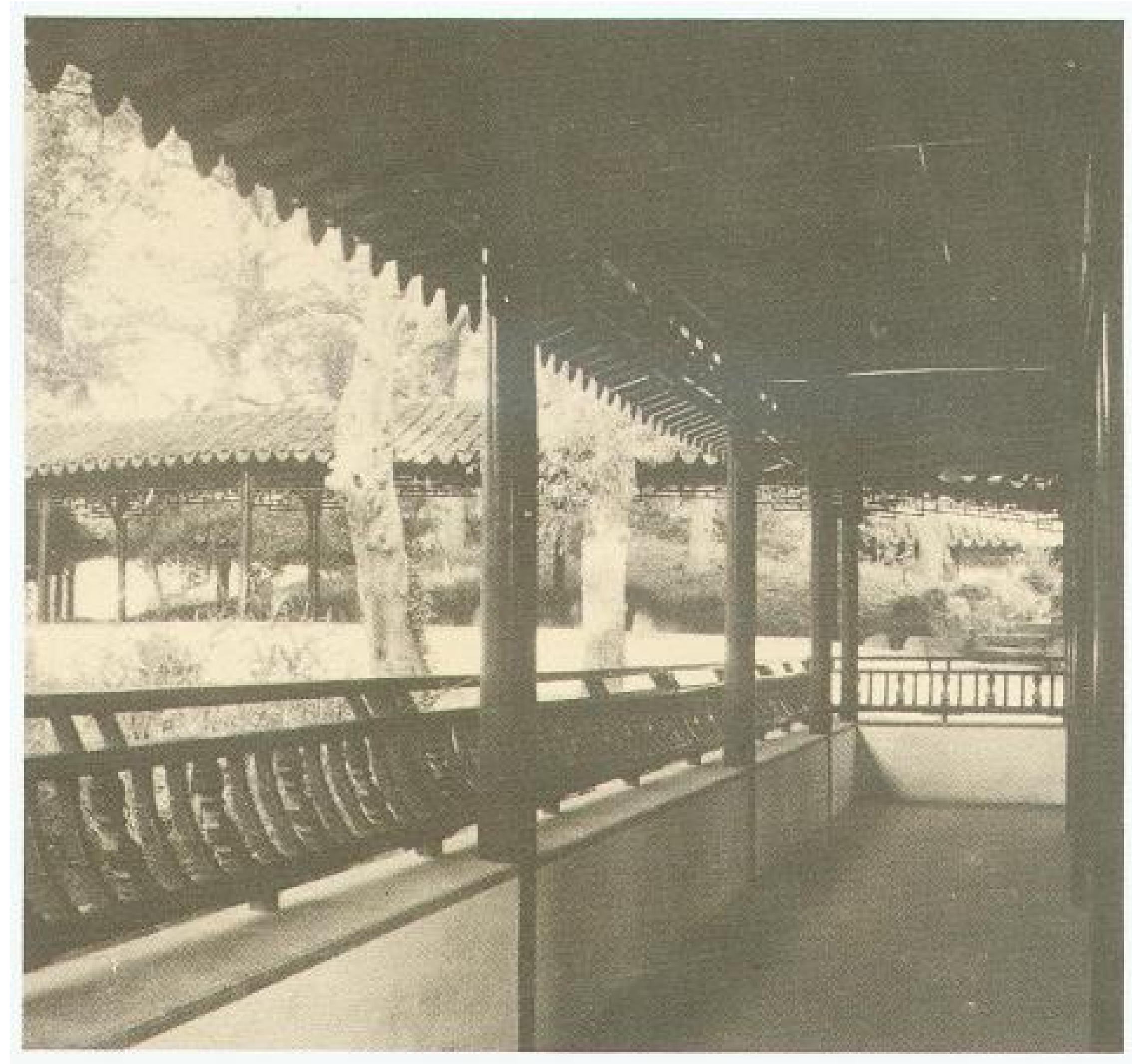


图13-3-22 苏州留园见山楼

的海棠线纹，板放在地栿上，形式朴素，北京园林中或郊区桥上都常见到。再有一种栏杆是用长石条做成矮栏，上面也很少雕刻，有些矮栏还可以作坐凳休息之用。江南园林中用的较多。在建筑的廊檐下柱间可做木制栏杆，园林中为结合休息使用常做成坐凳栏杆。有些为了更可保证安全和使用舒适做成有靠背的鹅颈椅（图13-3-22）。

园林建筑的柱间枋下多做有木制花格的挂落与下面坐槛栏杆相应，成为上下透漏的统一装饰。北方的挂落，又称楣子，与下面坐槛多用小的木条做成“步步紧”花格，南方花格变化更多，有套方、万川、冰纹等图案，类型繁多，富有民族与地方风格。

（4）内檐的隔扇与罩：我国古代建筑皆以间为单元，为了满足不同使用要求，常用隔扇分隔室内空间。隔扇用料有楠木、黄杨等均属高级木料。常取本色以露木纹，加工细致，雕刻精美。每扇上也可裱糊名家字画，装点室内。有的隔扇上部采用绣有图画的纱绢，起到既分隔又透光的效果（图 13-3-23）。

罩，也是设在室内梁枋下面分隔空间并起装饰作用的木装修。都选用上等木材雕成丰富多彩的图案，有藤、冰片、松、竹、梅等纹样。有的罩两边不着地，称为“飞罩”；有的中空圆门，称“圆光罩”。因为气候材料工艺特点，岭南园林使用更多。而北方由于气候条件多用落地隔扇，或固定的隔间。北方或把罩做成博古架，又称多宝格，上面可以陈设文物与装饰品。

园林中的铺地，由于承受的荷载小、磨损小，在地基、承重层等方面的结构就很简单。但由于主要功能是供为游览提供方便，在舒适和美观方面有很高的要求；面层的处理和变化就成为突出的问题了，于是，园林的铺地逐渐成为一项专门的技术。历代的能工巧匠用自己的智慧和劳动创造了这个专门的工艺，并使之成为丰富园林艺术的一个组成部分。唐代白居易《庐山草堂记》有下铺白石为出入之道的记载。元代《辍耕录》记载元大都琼华岛之广寒殿有“文石甃地”。清代《金鳌退食笔记》所载琼华岛一节谓“从承先殿北，度

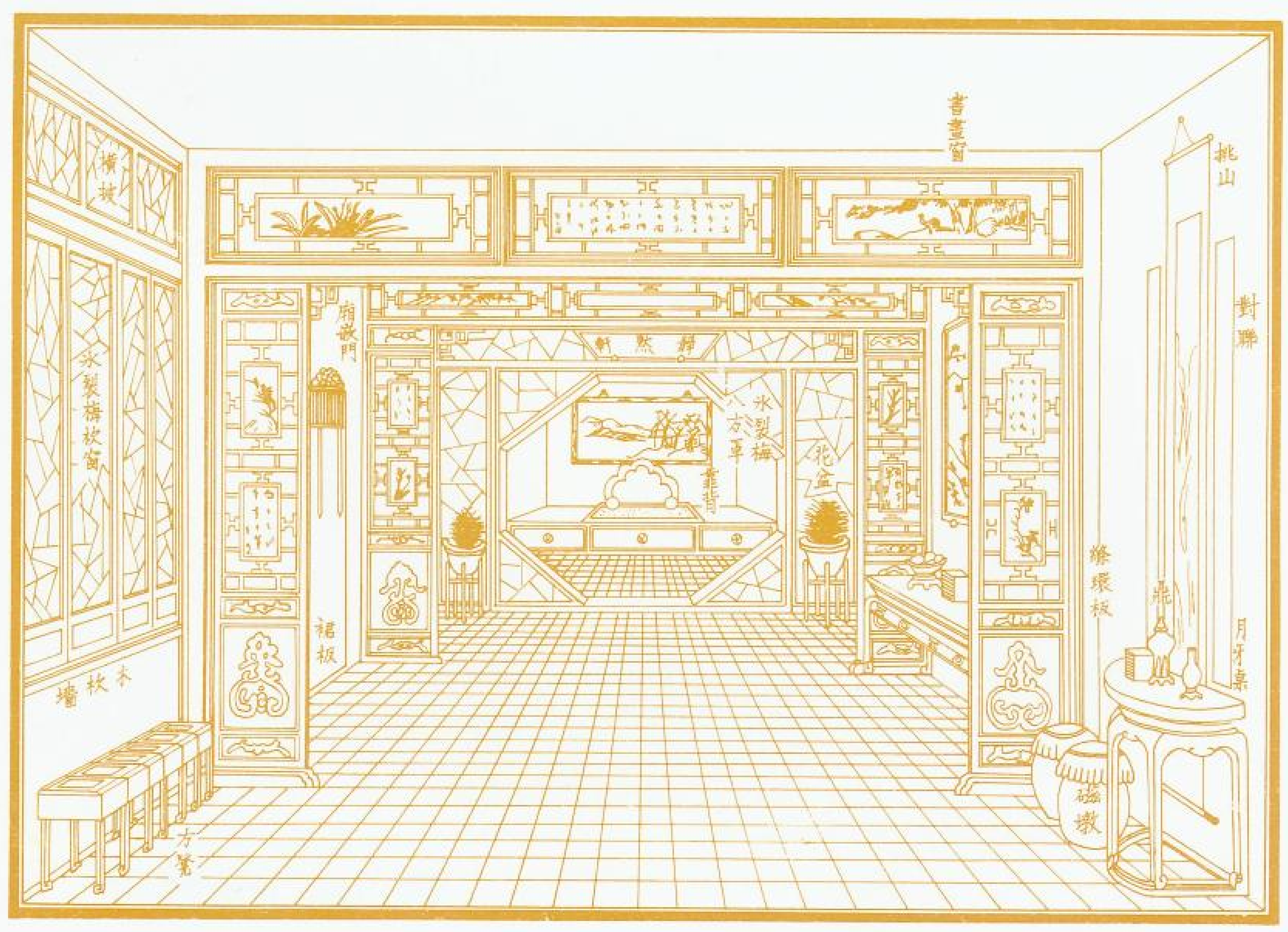
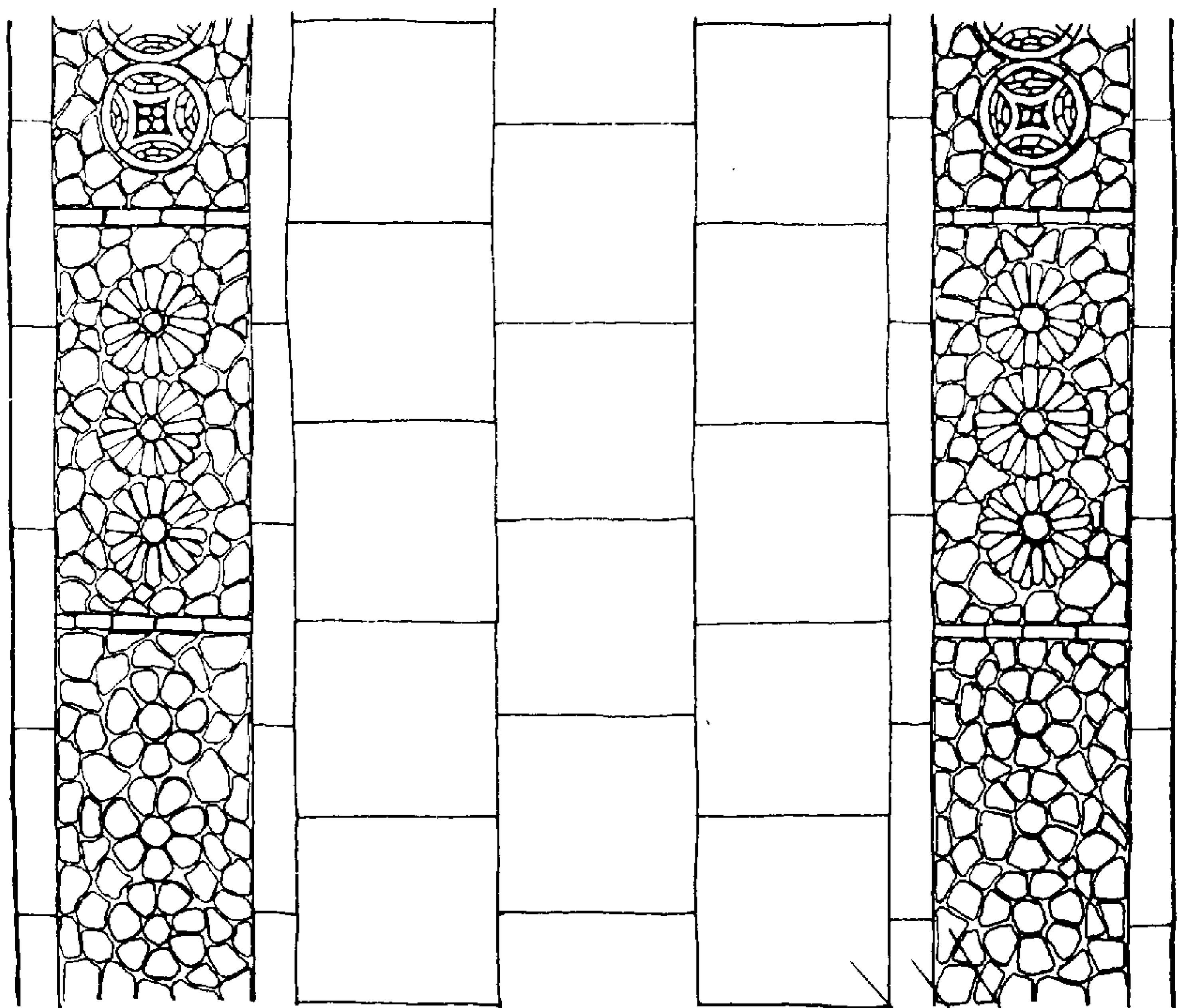
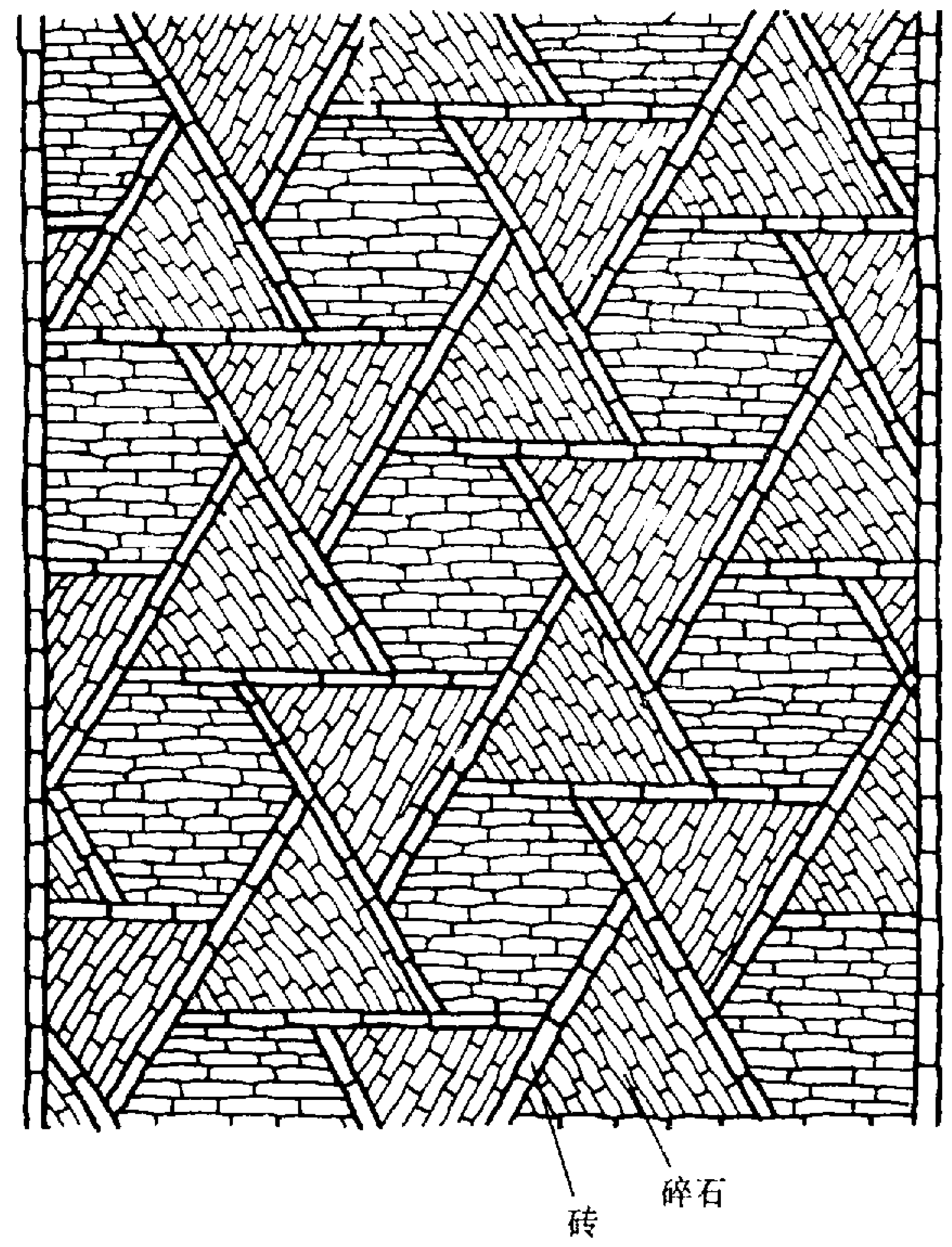


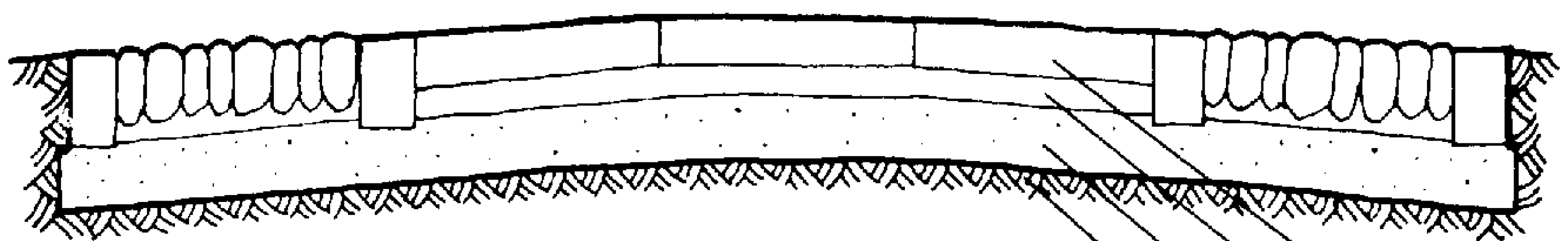
图13-3-23 内檐装修一例



方砖卵石嵌花路



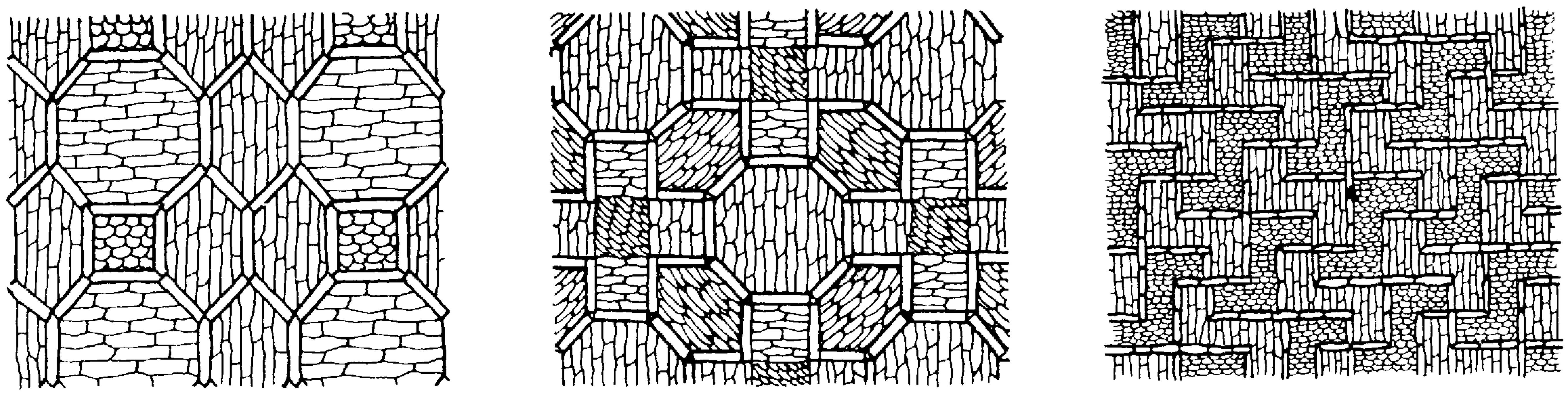
碎石冰梅路



方砖卵石嵌花路做法示意
（多用于北方宫苑）



碎石冰梅路做法示意
（多用于江南私园）


用砖、碎石、卵石组成的铺地

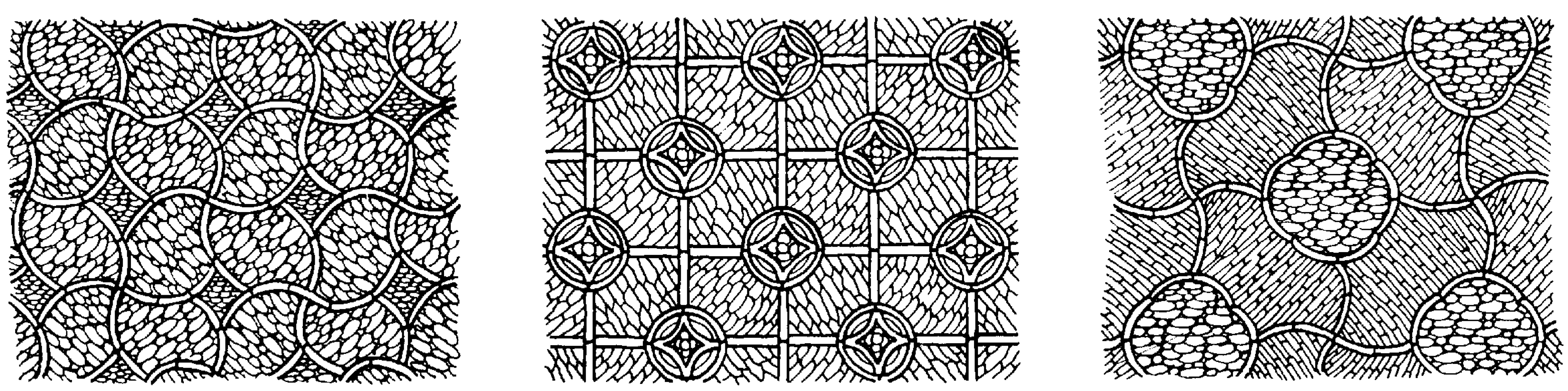


图13-3-26　园林铺地示例

石梁至岛，皆以文砖、乳花石杂甃之。”故宫的御花园也有这种雕花方砖甃以各色卵石铺地的作法。《园冶》则有专章论述铺地，总结了乱石、鹅子地、冰裂地、诸砖地的选用原则和铺装技艺的要领，并提供了十几种图案。经过清代的流传和应用，我国江南的私家园林中出现了以砖瓦为界，色彩丰富、风格精巧的特点，扬州园林，尤为突出。

园林铺地要求园地因景制宜，既要和景区的使用功能相适应，又要和景区的意境相结合，以便使园路、场地在交通、游览等方面的使用功能和铺地之“成景”作用恰当地结合起来。如苏州拙政园之“海棠春坞”采用海棠花的图案铺地，即是一例。另一个要求是就地取材，废物利用，所谓“废瓦片也有行时，当湖石削铺，波纹汹涌，破方砖可留大用，绕梅花磨斗、冰裂纷纭”，说明了低材可以高用的道理。当然，铺地也必须平整、耐磨、防滑和有利于排水。

承德避暑山庄中山区的“御道”由于有车马通行，采用花岗石的条石作路面。作法是将路基的素土夯实后再打1—2步灰土，灰土上铺6—8厘米厚的粗砂垫层，粗砂垫层已作出“反水”的坡度。再将加工成1—2米、宽约50厘米、厚20—30厘米的条石干砌而成。条石铺地抗压强度大，坚实耐磨，表面一般平整而雨后又不至太滑。

北京颐和园及故宫御花园采用方砖卵石嵌花路，即中部铺方砖，方砖两侧铺卵石的作法（图13-3-24）。中部方砖的宽度因路面宽度为2米、3米、4米而相应为一块或三块方砖。卵石部分宽约50厘米。铺完中间方砖后，在两边路基的灰土上铺5—6厘米的渗和灰，找平后栽卵石。或将卵石带用砖瓦分段，摆成寿字、如意、铜钱、扇形、海棠等图式，再以分色的卵石填心，拍平，然后灌白灰浆填缝，撒干白灰收干，最后用水刷去沾在卵石表面的灰浆，露出卵石本色即成。御花园的做法更为精巧细致，称为雕花砖卵石嵌花路面。先将方砖几面磨平，将图案花纹绘于砖上，按图案线雕出约2厘米深，再见细一番成为雕花砖（图13-3-25）。施工时先铺中部一般方砖和仄铺的城砖。然后再铺两侧的雕花砖，花纹正向路中心，花砖找平后在雕空部分用油灰敷一层，要求略低于花砖面，再将小卵石分色栽入油灰中，拍平并以干灰收干，再用毛刷加水洗出卵石本色，从使用情况看，方砖起初平整度好而耐磨性差，日渐磨成凹面。大卵石不够平整，但防滑性能好，这种路面亦有反水坡度。山道则旁设方砖浅沟排水，沟宽约50厘米，深约10厘米。

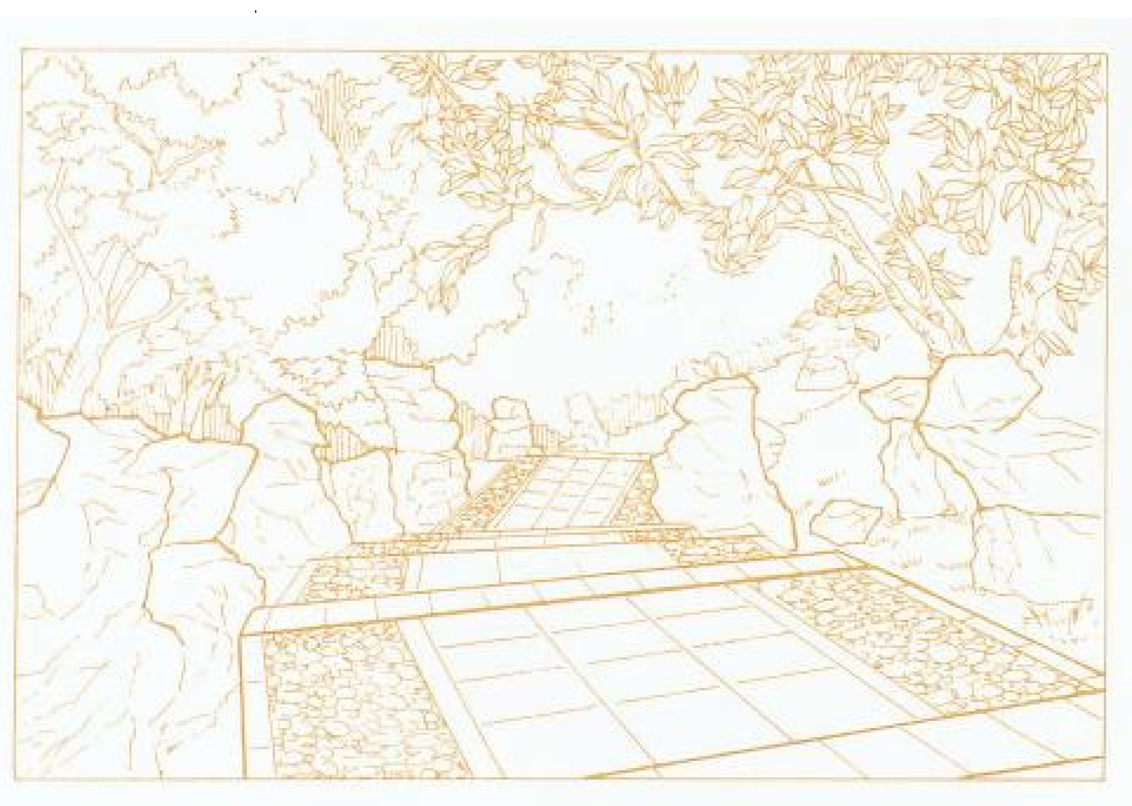


图13-3-24 北京颐和园万寿山方砖卵石铺地



图13-3-25 北京故宫御花园卵石嵌花格路的雕花砖



图13-3-27 苏州拙政园海棠春坞铺地



图13-3-28 苏州留园涵碧山房前冰裂纹铺地

砖铺地多用于室内或殿、堂、庭院。北方砖铺地下设灰土层，也有糯米汁白灰的基层，这除了有一定承重作用外，还可防雨水渗入引起的冻胀破坏，南方则无必要。砖有城砖、大方砖、小方砖、长方砖，南方尚有望板砖。方砖都是平铺，望板砖多仄铺，其余平仄皆可。用企口砖铺地，对缝紧密，挤压牢固。铺筑图案变化很多，《园冶》列举有其图例。

江南园林之“花街”铺地，在木夯夯实的素土基上面铺4—6厘米厚的过筛细土，以砖为骨，以石填心，按图案干砌，最后用木夯夯打，使之紧密和平整。也有少数铺地为防杂草滋生而用浆砌。用望板砖或瓦条仄铺的路面骨架可作六方式、攒六方式、八方间六方式、套六方式、长八方式、八方式、海棠式、四方间十字式、香草边式、球门式等（图13-3-26）。填心的材料有片石、卵石、碎石、碎瓦片、碎瓷片等。填心时将图案分成色块，按分色要求砌入细土中。或方向一致，或互为垂直，亦或呈向心放射和旋转变化等。更精致者，可嵌出鹤、鹿、鸟、鱼、树木、花草诸形。有用碎瓷嵌成鱼鳞、莲瓣等细纹图案，充分发挥了低材高用的优越性（图13-3-27）。

用青板石作冰裂地，亦多见于江南。由于这种石材很薄而且底多不平，往往用油灰抿缝或做浆砌。否则雨水自缝中渗入，造成翻浆而致路面破坏（图13-3-28）。

参 考 文 献

[1]清王鏊《怿寿平评》。
[2]古今图书集成《考工典》卷八十三堂部艺文。

第十四章　建筑设计与建筑施工

概　　说

在建筑历史的最初阶段，无所谓设计和施工职责的区分；整个建造过程，是氏族的集体成员共同完成的。如果说分工，不过是强壮的成年人与力弱的老年、幼童之间的体力上的分工——后者只担任一些辅助性的劳动。人们年复一年地重复使用着相似的工具、材料和技术方法。它们的每一点改进，都是在长期的实践过程中逐渐实现的。

建筑的经验祖祖辈辈传袭下来。经验是预见的根据。人们在动手之前，开始知道需要什么材料，占多大地位，何处开门，何处留灶，需要依循怎样一种先后次序方可顺利完成，事先要有个估计。这些，就是设计，就是规划。所以，设计是人的主观能动性的表现。但是，设计和施工职责的分离，则是很晚以后的事。

在氏族社会的晚期，已经出现若干分工。制陶、农业、渔猎，都有一些专业分工。分工是有利于发展生产，提高效率的。这时，出现了在一定过程内少数有经验（年长）者的筹划与指挥和其他成员参加劳动的分工。

但是，进入阶级社会，这种分工便具有阶级对立的性质，有了阶级压迫和剥削的内容。

一般的生产技能，仍为劳动的、沦为被压迫的奴隶们所掌握。但某些高级的，概括与抽象的学问——天文和历法，卜巫和医药，测量和数学，逐渐集中于脱离劳动而依附于剥削阶级的少数成员那里。古代的设计和规划、测量选址等，常常和占卜迷信混在一起，这是同那个社会的构成形式相联系并和社会的意识形态相适应的。

在这样的历史条件下，我们看到了古代奴隶社会的分工，工官制度的出现以及他们职务的性质和职掌范围，所具备的技术知识，以及随着社会发展而演化的种种现象。

在传说中的尧舜时代，有“宗工”的职称，当时的一个著名人物是“倕”。据说：“古者，倕为规、矩、准、绳，使天下仿焉”（《尸子》）。似乎已分离出有这种职能的人：他掌握工程的几何知识和测量定平技术，是工程的组织指挥者。

殷周之制，掌管城郭、道路、沟洫、宫室的兴建，属之“司空”。他有权量宜远近地形，调度民力从事建造活动，所谓“兴事任力”。又有“地官小司徒”，下属“均人”、“遂人”，也有分配力役，从事营造的职能：“若起野役，则令各（具正）帅其所治之民（奴隶）而至”。奴隶们带了工具、粮食、车乘、畜力前往服役。《诗·小雅·黍苗》所描写周宣王时期召公为申伯营城邑之事，正是这种力役的具体情景。

《周礼》“冬官”部分在秦代佚失，汉儒以《考工记》补入，作为“冬官”内容。现在论证认为，《考工记》实为齐国官书。其中，“攻木之工”（以木料为对象）有七：轮、舆、弓、庐、匠、车、梓。“匠人”为七项之一。这里“匠人”的身份不是奴隶，而是掌握规划设计，有权指挥奴隶劳作的人。他既有熟识技术的一面，地位又超过奴隶，是一种专业匠师。职掌测量、定平、定向、规划尺度、等级制度等。《考工记》的这一段，并没有把“匠人”，如攻金之工于冶铸、陶氏之于粘土抟埴那样，直接谈到对木材的加工处理，而只是反映了木工成为工程主持人而不复直接操作的事实。中国古代的工程中，测量定位等基本准则是由木工来掌握的。

进入封建社会，秦国设有“将作少府”的官职，掌营造事务。“司空”一职，则失去原意，转为监察纠弹职务，同于御史大夫。西汉承秦制，不过“少府”改为“大匠”，自此“将作”一名沿用迄于明代。规划建设汉长安的阳城延，就由军匠升为将作大匠。

东汉，魏晋，又有“民曹尚书”，“民曹”，“左民尚书”，“起部尚书”等职称，管理工程事物，“将作大匠”一职不常设，属于兼领，无事则罢。

隋代开始设工部，同时另有将作寺（后改为将作监）。工部掌管全国农垦，山林，水利的工程和管理；将作监则掌管京都皇宫和中央官署的修建。唐代仍然是工部与将作监并列（监地位稍低于部，但不相统属）。《唐六典》所记将作监的组成和职责大致是：

将作监：监二人，从三品（工部尚书为正三品），少监二人，从四品。下掌：土木工匠之政；总左校、右校、中校、甄官等署，百工等监；大明（长安）、兴庆（长安）、上阳（洛阳）宫。中书、门下、大军（后来之北军）仗舍、闲厩，谓之内作；郊庙、城门、省、寺、台、监、十六卫（后来称南衙诸军）、东宫、王府、诸廨，谓之外作……。

左校署——掌梓匠之事（营造属此）。

右校署——掌版筑，涂泥丹垩匽厕之事。

中校署——掌供舟车，兵械，杂器，行幸陈设则供竿柱，闲厩系秣则供行槽，祷祀则供棘葛。

甄官署——掌琢石陶土之事。

百工、就谷、库谷、斜谷、太阴、伊阳监——掌采伐材木。

隋唐著名工程家宇文恺曾任隋将作大匠、工部尚书；何稠入唐后任将作小匠（少监）；阎毗曾任隋将作少监，其子阎立德为唐太宗时将作大匠、工部尚书。他们均出身贵族，是从规划和管理方面作出贡献的。

宋代的将作监隶属于工部。起先，京城缮修归三司修造案管理，将作监只是虚衔。宋神宗元丰改定官制，开始由将作监掌管“宫室、城郭、桥梁、舟车、营缮之事”。神宗时，开始编修《营造法式》，至哲宗元祐年间完成。由于不切实用，于绍圣四年（1097 年）命当时的将作监丞李诫重修《营造法式》，元符三年（1100 年）成书。这部著作是中国古代建筑最重要的典笈。李诫于宋徽宗崇宁年间曾任将作监。李诫出身官僚家庭（父李南公为神宗时户部尚书，《宋史》有传），由门荫得官，他是由于曾任营造工程的规划管理，以其著述而有所贡献于历史。他的著作，不夹杂迷信色彩、阴阳风水之说，这在风水之说盛行的宋代是难能可贵的。

金代无将作监，营造事务由工部直接掌管。元代营造事务也由工部掌管，下设“局”、“提举司”、“人匠总管府”来具体负责进行工程施工，因事因地而设，名目至为烦杂。皇帝、皇后、皇族（大王一级）都可以有自己一套人员机构，这和元代制度本身有关。但是，元代有一个前所少有的特点，就是常常从富有经验直接从事生产操作的优秀工匠中选拔人员充任工官。例如甲匠孙威以制甲胄为工匠都总管；亦思马因·阿老瓦丁以制炮为军匠万户，副万户等等。后来明清也颇有这种情况。

明代设工部，所属管理营造事务的为营缮司（本名“将作司”），下有营缮所。木工蒯祥、蔡信，瓦工杨青，均曾任营缮所官员，升至工部左侍郎。

清代制度，稍有区别：一般京城坛庙、官署属之工部；宫室、苑囿的修造，属于内务府。有名的营造世家样房雷、算房刘、高，均属内务府系统。

以上，是历代建筑工程方面工官制度的大致情况。这一套官僚机关，是整个国家机器的一部分，以劳动人民的力役为统治阶级服务。他们有一套法式制度，有统治管理的经验，也掌握一定技术和规划的知识。他们处于和劳动群众对立的地位。有些虽从工匠出身，阶级地位也已改变。工官们不少人不过是官僚，但也有一些有所贡献的人。但是，他们如有所成就，不外多少能集中或反映劳动人民的创造发明，比较能以工匠们的实践经验为基础加以条理归纳，有利于技术的发

展进步罢了。李诫就是这样的较有作为的官吏。

直接参加生产实践的，是广大的劳动人民，其中又分为专业的工匠（有专门技艺）和从事简单的体力劳动者。历史上，占最大劳动量的，应为土方、夯土工程和材料起重运输这几项。此外，还有相当大量劳动力投入材料制造（例如烧窑、制砖瓦等）方面。劳动力大抵主要来自服役的广大农民；其次是军工，再次是罪犯(刑徒)。秦代阿房宫、长城、始皇陵等大工程，主要劳动力是罪犯。汉代用“城旦”、“髡”、“钳”这些等级的刑徒于筑城、陵工、烧窑等繁重劳动。

唐宋以后，军工占比重颇大。《营造法式》列出军工与民工的功限比值。宋代的厢军，特别如“牢城”、“壮城”一类厢军，主要从事修补城垣劳动。明代军工与民工的比例，有所谓“军三民七”，也是常用军工的。

专业工匠是以技艺为生的手工业工人。建筑方面，主要是木工（又分若干种）和泥工（圬墁之业，包括筑墙、粉刷）、砖、瓦、石工等。这样的人为数不多。他们一部分隶属官府，有固定酬资，大部分为独立手工业者；前者；已成为雇佣劳动者。其中技艺较高者，常为民间修建工作的主持者，称“都料匠”，宋代或称为“司务”；也可受雇于官府。石、砖等工种，均有“都料匠”，不限于木工一行。唐代柳宗元所写的《梓人传》有几点是值得注意的：

1. 所描写的“梓人”，就是一位“都料匠”。他不亲自劳动(也不会纯熟地使用工具)，只是筹划指挥，检验校正。

2. 他主要掌握的是寻(长尺)、引(长绳，“十丈为引”，是量度工具)、规(画圆)、矩(曲尺)、绳墨。“持引执仗”（丈杆），用的都是掌握尺度、几何形体、重心、准线的工具。

3. 他能“画宫于堵”，会“定侧样”，用来计算结构尺度，决定一切构件用料尺寸。

4. 他“食于官府”则“受禄三倍”；“作于私家”则“收其值大半”，待遇远远高于其他工匠。游食四方，不受拘束。

这样的人，兼设计师与工程主持人于一身，是从工匠中分离出来，脱离体力劳动的人物。他们待遇优厚，是工匠中的上层分子。他们掌握技术要诀，后来自然形成为木工行会中的头面人物。

北宋初杭州木工喻皓，也是这样的一位都料匠。古代遗留至今的一些修缮、修桥的碑记，或庙宇大殿的梁题，还可以看到不少这一类“都料匠”的题名。正如《梓人传》所说：“既成，书于上栋曰：某年某月某日某建”。地位逾越众匠，大功独居。他们（都料匠）的贡献，比工官中的官僚们要多。

第一节 设计方法

一 原始资料与基本尺度

古代，一个工程如何开始来筹划呢？苏轼《思治论》说：“夫富人之营宫室地，必先料其资材之丰约以制宫室之大小，然后择工之良者而用一人焉。必告之曰：吾将为屋若干，度用材几何？役夫几人？几日而成？土、石、竹、苇吾于何取之？其工之良者必告之曰：某所有木，某所有石，用财役夫若干。主人率以听焉。及期而成。既成而不失当，则规矩之先定也。”[1]苏轼这段话是借题发挥政见，不过，也说明了一切筹划，先须委托于一位所选择的“良工”。这良工也即为设计者兼工程负责人，也就是“都料匠”，“司务”，或《鲁般营造正式》所谓“工师”，“时师”。他要根据“主人之意爱”，作出方案，在图纸上“定当”，还须计算用料、用费、用工、时日。

从规划的角度看，还须择地择方位。小而一座住宅，一栋房舍，大而整组建筑(庙宇、宫殿、陵墓)，或整个城市，都有择地的问题。不同的建筑项目，择地的着眼不同。城市重视水源（包括地下水)，如隋代放弃汉长安城另营新都，其原因即在水源；陵墓重视形势，如秦始皇骊山陵，唐高宗乾陵，昌平明十三陵，选地最为气象恢廓；寺院取境幽邃，庄园背山朝阳，均不乏选地之好例。一般而言，均需注意地形、水源、交通、朝向、四邻的情况。《园冶》也有专述择地的章节，列于首篇。但是，古代择地往往受到阴阳五行的风水思想的约束，并出现以此为业的风水先生，阴阳生，同时又有这方面的专门著作：相宅、堪舆之学。自宋以后，其风尤盛。

然而处于城市，宅基往往局面已定，不在选择而在处理。一般注意到出水(下水)、消防、水井、道路、四邻等项。

建筑本身的设计，所考虑的便是建筑的布局、尺度、标高、形体等。中国很早就形成以人体为基本尺度以及由人体尺度延伸出的用具、家俱、陈设、交通工具等尺度作为设计基本单位这样的原则。例如，《考工记》载：“室中度以几，堂上度以筵，宫中度以寻，野度以步，涂度以轨”。“几”，长三尺，是室内主要家俱；“筵”，即席，方九尺，古代席地而坐，是室内必不可缺的铺坐之物；“寻”，为臂伸展长，八尺；“步”，六尺；“轨”，为车轮距，即辙宽，八尺。

《考工记》又说：“国中九经九纬，经涂九轨”。注家认为，每边为三门，每门三道，每道三轨即三车并行的宽度。这即是说，道路、城门，以车的尺度为基准。

《木经》一书，有很多极有价值的论述，例如沈括《梦溪笔谈》记载的一些片断，“凡屋有三分”，其上、中两分，以梁、柱的尺度为基准；下分即台阶的权衡，以荷辇前后竿的不同姿式为准。这些规则，无疑是从实际生活中总结而来，表现出当时的设计方法是切合适用的，是合理的。

中国古代建筑，有长期发展的经验积累，一些常用尺度，往往用口诀表示，但实际上已包括若干实际生活中活动尺度的要求。例如“门宽二尺八，死活一齐搭”，说明二尺八寸门宽已考虑了搬运家俱的尺寸，轿舆进出的尺寸，棺木进出的尺寸等等。

在福建，街巷的宽度，桥面的宽度，以“轨”为单位，即是以车宽为桥梁道路的尺度标准。

明清房屋的家俱陈设，具有定式，一套家俱，应包括案、桌、椅、几各若干。则堂屋的尺度，便以容纳这些家俱的最低尺度要求为基准。家俱尺度与房间尺度均由经验积累而形成一种常用尺度，完整配套。

建筑物各结构构件的尺度，也积累了一些比例关系。《营造法式》明确规定：“以材为祖”。“材”就是结构尺度的基准：一切构件的断面，出跳长度乃至构件的局部尺寸，皆以“材”和它的补充尺度“分”和由“材”、“分”而来的“絜”来确定。不同等级的建筑其“材”、“分”的绝对尺寸有差别，但是，各级建筑本身各构件之间的尺度比例是相同的。各构件的作用和荷载情况同它的结构尺寸互相比较，也是大致合理的。

这种比例制度的形成，一方面可以视作一种结构体系的成熟，提高设计施工效率；但是另一方面，有了成法，也容易产生保守僵化的倾向。到了清代，则演变成以“斗口”为基本尺度的制度。

清代的小式，则以柱径为结构尺度基准。在民间，有以柱径或缘径（均指小头即梢端）为准的，不一一具论。总之，这是立足于经验之上的一种比例方法，各地均有成套的地方做法。

二 预 算

匠师或即工程主持人再一个重要责任，是提出材料、人工的预算。

材料预算，是用工预算的前提；然而预算之中，工、料并重。我们看到许多汉代工程(栈道、石门、桥梁）的费用记载，以货币来表现，即包含工料两者的价格，唐宋史料中也有许多宫殿、石窟、寺塔的修建费用记载。这些数字，无疑是以当时的货币来计算的，有详尽的统计核算数字。要是没有一套计工计料的方法，是不可能办到的。

以算料而言，就需有体积计算方法，材料的比重、湿度等概念和实测数据以及混合材料中各种材料的比率，等等。《九章算术》中列有“方堡壔”、“圆堡壔”、方锥、圆锥、阳马(直角方锥)、“刍童”等立体体积的计算方法。比重，例如《营造法式》卷十六“壕寨制度，总杂功”所记：

“诸石每方一尺，重一百四十三斤七两五钱（方一寸二两三钱）；

砖：八十七斤八两（方一寸一两四钱）；

瓦：九十斤六两二钱五分（方一寸一两四钱五分）；

诸木每方一尺重依下项：

黄松（寒松，赤甲松同）：二十五斤（方一寸四钱）；

白松二十斤（方一寸三钱二分）；

山杂木（谓海枣、榆、槐木之类）：三十斤（方一寸四钱八分）。”

可以看出，这些数据相当精密。

各种工程，除构件本身用料以外，还有辅助材料属消耗性的如草绠，竹索，木橛，铁丁；工具如泥篮；调合料如桐油、胶、麻捣等等均各有用料规定。纵观《营造法式》全书，就令人深刻认识到：至迟宋代，对各工种的材料使用，有科学

的严密的统计作为定额基础；我们看到清代大量的各种匠作则例，更对用工用料有详尽记载。这都使我们对古代预算工作的精密程度获有深刻印象。

计算劳动日数量，依《营造法式》所记，则注意了下述各点：

（1）计算各构件本身的造作功；

（2）计算各类工程的安装功及辅助功；

（3）功按难易程度分为上、中、下三等（这是区别熟练工人和非熟练工人的界限，不同难易施工对象本身所需功已列在各项之中）；

（4）功按季节分为长功、中功、短功。四月、五月、六月、七月，为长功；二月、三月、八月、九月，为中功；十月、十一月、十二月、正月，为短功。这是《唐六典》中已经规定了的区分。书中所载功限，以中功为准，长功加一分，短工减一分。

（5）《营造法式》卷二"总例"规定，各功限以军工为准，私雇工人减军工三分之一。

（6）《营造法式》规定，在工程中利用已有旧料或现成构件的，应在总料帐内扣除这一部分用料。

（7）《营造法式》规定，与《营造法式》所载不同的特殊结构做法的功和料，应该以近似做法相比较而略予增减。

《营造法式》的计算用功量的定额，称为"功限"。我们可以由此对于宋代工程预算中劳动日的计算的精密周详，得到深刻印象。"功限"的制定，无疑含有剥削的成分，但是也表现某种统计和测定的细致程度。

工期的计算，是以劳动日（功）为基础的，加上对各工种各环节彼此衔接的工序考虑，季节气候的影响，材料运输和准备工作的所需时间等等，便可"计日程功"，列出进度计划。

应该指出，封建社会中，工期的计划，是建立在对工匠进行压迫和剥削的基础之上，常常超出劳动日的时间限制（"日出而作，日入而息"，工作日之所以有长短，应以昼夜长短为准），大为增加劳动强度。例如北宋著名的大工程玉清昭应宫一役，监修人刘承规竟至发给每工蜡烛，连夜操作赶工。许多工程，连续劳动，从始至终，不给休息日。所谓功限料例等等貌似科学的统计和计划，由于克剥压榨，弊端丛生，往往失去实际意义。这是理解封建社会制度下劳动情况所应注意的地方。

三 设计的构成与表现方法

对于一个尚未存在的建筑对象，予以各方面的说明，并提出所需的材料、人工的估计，所采取的方法步骤等，这一切均属于设计范畴。设计的手段包括：图纸，模型，预算（用料，劳动力），必要的技术说明和质量要求（说明书）；而以设计图作为主要和首先的形式，它是其他项目的依据。其所以需要把对于建筑对象的设想表现出来，为了：（一）把意图告诉别人。自从出现了分工，出现了所有者与劳动者的分离和对立，出现主人和雇用者，这种思考想法的表达便无可避免了。（二）建筑不是抽象的东西，用图形把思考内容固定下来，这是设计者对自己的设想进行推敲与检查的手段。建筑的性质，要求，组成，越来越复杂，如何作出主次分明，安排妥善，处理细致，技术高超而又经济有效的综合体，这一切就是为什么要事先反复作方案比较和推动设计技术由简单到复杂不断发展的内在原因。

经过长期的发展过程，到了清代在官府内形成了"样房"和"算房"两类机构。这可说是封建时期的设计机构的最后形式。他们的工作，即包含了上述的各种内容。其中每一种设计表达方法，都有自己的特点。

1. 设 计 图

用图来表现设计意图，提供直感的形象。许多情况，许多形体，许多关系，用语言和文字是费力而又难以准确表达，甚至无法表达的，但用图则一目了然。

对尚未存在的事物用图表达，必须符合认识的客观过程——先是宏观的，整体的，对各局部的相互关系加以综合的一种表现形式，通常这是鸟瞰图，总平面图的任务；然后，是各个单体建筑物；再次，是建筑物的各个部分——又分为主要部分（结构骨架，即决定建筑的尺度与形体的部分）与其他部分；然后是各个局部的细节补充，以及内部结构情况等大样详图。我国古代历史，对此留下丰富的资料，有丰富的经验。

（1）总平面图：中国最古的建筑总平面图，是1977年于河北平山县三汲公社战国时期中山国墓内所发现的一幅陵园总图——宫堂图（原称兆域图）。图是在一方96×48厘米的铜版上，用金、银镶错而成，有墙垣及王陵、后陵的平面，并记载有距离、尺度等等数字的文字说明（图14-1-1）。这幅两千多年前的总平面图，是世界上罕见的宝贵资料。

古代一些城市总平面图，现在仍保存不少，有的是地方志书内的木刻图版，例如南宋景定年间（1260—1264年）所编的《建康志》中的建康城

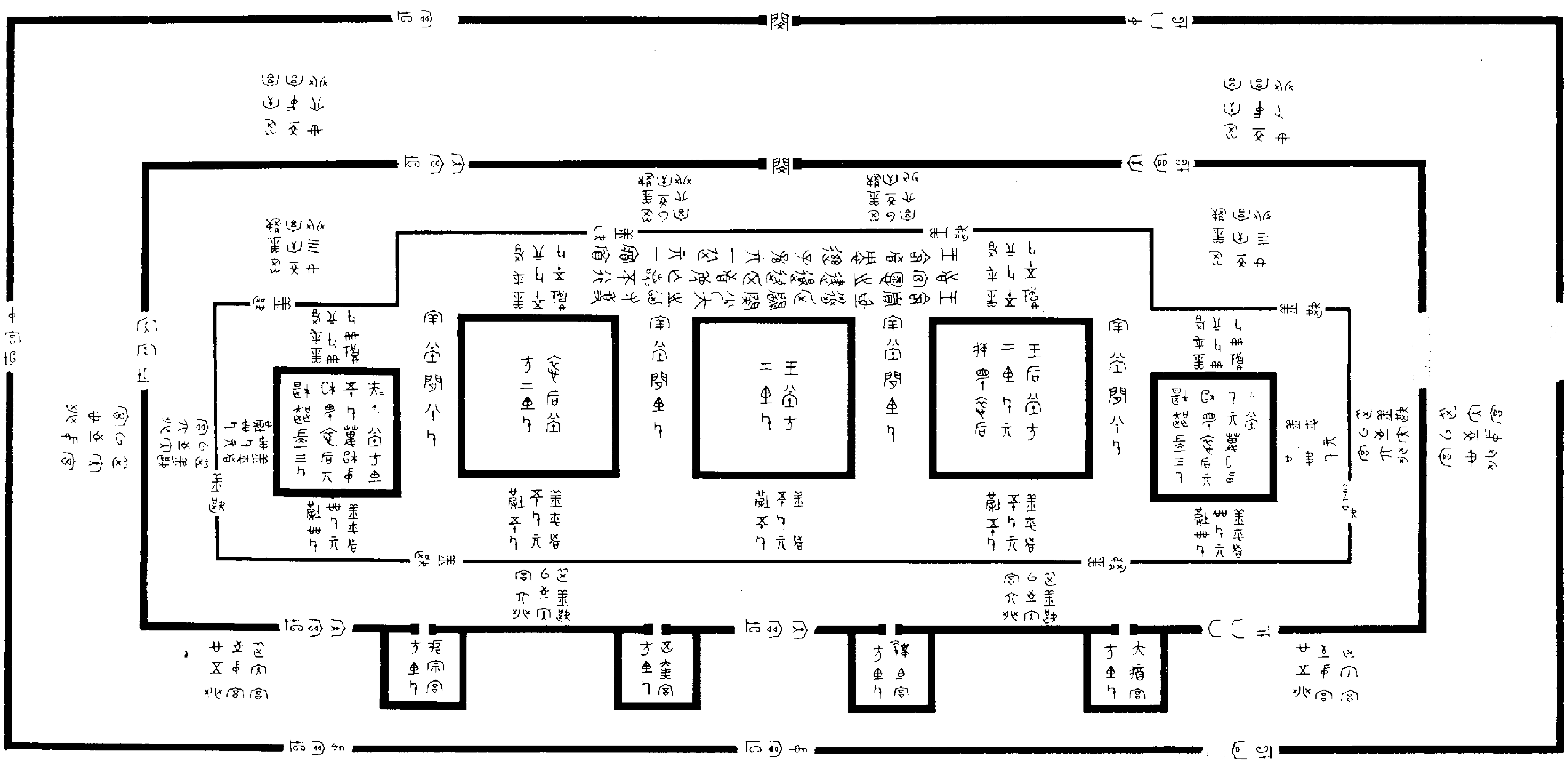


图14-1-1 宫堂图

图等。此类图从唐代起即广泛编绘，不过，木刻毕竟失之粗略。有些石刻的城市图，则按折尺(比例尺）绘出底图再镌刻，面积较大，相当详尽。西安出土的太极宫及兴庆宫石刻残片可能是北宋吕大防长安城图的一部分；比较完整的城市图如平江及静江府城图。尤以平江府城图最为著名，其街道、河渠、桥梁的位置、距离，和近代苏州城很接近，尺度（城区部分）亦相当准确，显然是以比较详尽的测量数据为根据，并且有良好的制图技术。特别之处是：重要的建筑物（城楼、衙署、庙宇）往往用立面图形式绘于平面图上，成为混合的方式，这种方式相沿以迄明清。

建筑群的总平面图，迄今有以各种形式（木刻、绢绘、石刻等）表现的实物资料：例如金代的登封中岳庙图(图 14－1－2)、汾阳后土祠图、明代宫殿图以及清代样房雷家所遗留的大量“地盘图”。其折尺有一分折一丈 (1/1000)，二分折一丈 (1/500)、五分折一丈 (1/200)等比例。主要建筑物也常以立面图形式出现在平面图中，比较醒目，易于理解。

(２)建筑方案图：根据建筑图来进行建造的史实，历史文献上不乏记载，例如：

《史记・秦始皇本记》载:“秦每破诸侯写放其宫室，作之咸阳北坂上”。“写”就是用图描绘记录，“放”是按图仿建。这是最早关于建筑图的记载。

《汉书・郊祀志》,记汉武帝东封泰山至汶上，“济南人公玉带上黄帝之时明堂图”。所谓黄帝之时是不可信的；但是，根据公玉带建议的图（设计图）建成了汶上明堂，则是事实。这个图，据隋宇文恺《进明堂议表》所云:“披汶水之灵图”，似乎隋代尚可见到。

《魏书・艺术传》蒋少游事:“平城(北魏旧都，今大同）将营太庙太极殿，遣少游乘传诣洛，量准魏晋基址”。这是为了仿建某处宫殿，进行实物测绘记录的记载。

《魏书・李兴业传》所述东魏迁都邺城“具造新图”。

《隋书・宇文恺传》全录了宇文恺为了建造明堂，在朝臣聚讼，莫衷一是的情况下，比较了历史上的各种明堂方案，提出自己的方案的建议全文(《进明堂议表》)。其中提到：该方案图“以一分为一尺，推而演之”，即百分之一比例尺；又，宇文恺曾于平陈后亲自到建康（今南京）测量梁朝明堂遗址，作为考虑明堂方案的依据。这些情况表明，当时宇文恺提出的图绝非示意而已，而是按照比例绘制有准确尺度的建筑图。他还写了《明堂图议》二卷，是他的方案之文字说明部分；最后，还做了木样——模型。可以说，这是我国古代史书上第一次详尽地讲到设计一座建筑（明堂）所用的设计表达方法。这件事约在 612 年以前一、二年内。

我们看到，宇文恺用的比例尺是较小的，不足以表现具体建筑构造，但已足可表现明堂的主要尺度：高度、开间、进深等，作为方案已经足够。但是，上述各项记载没有明确指明所采取的制图方法。

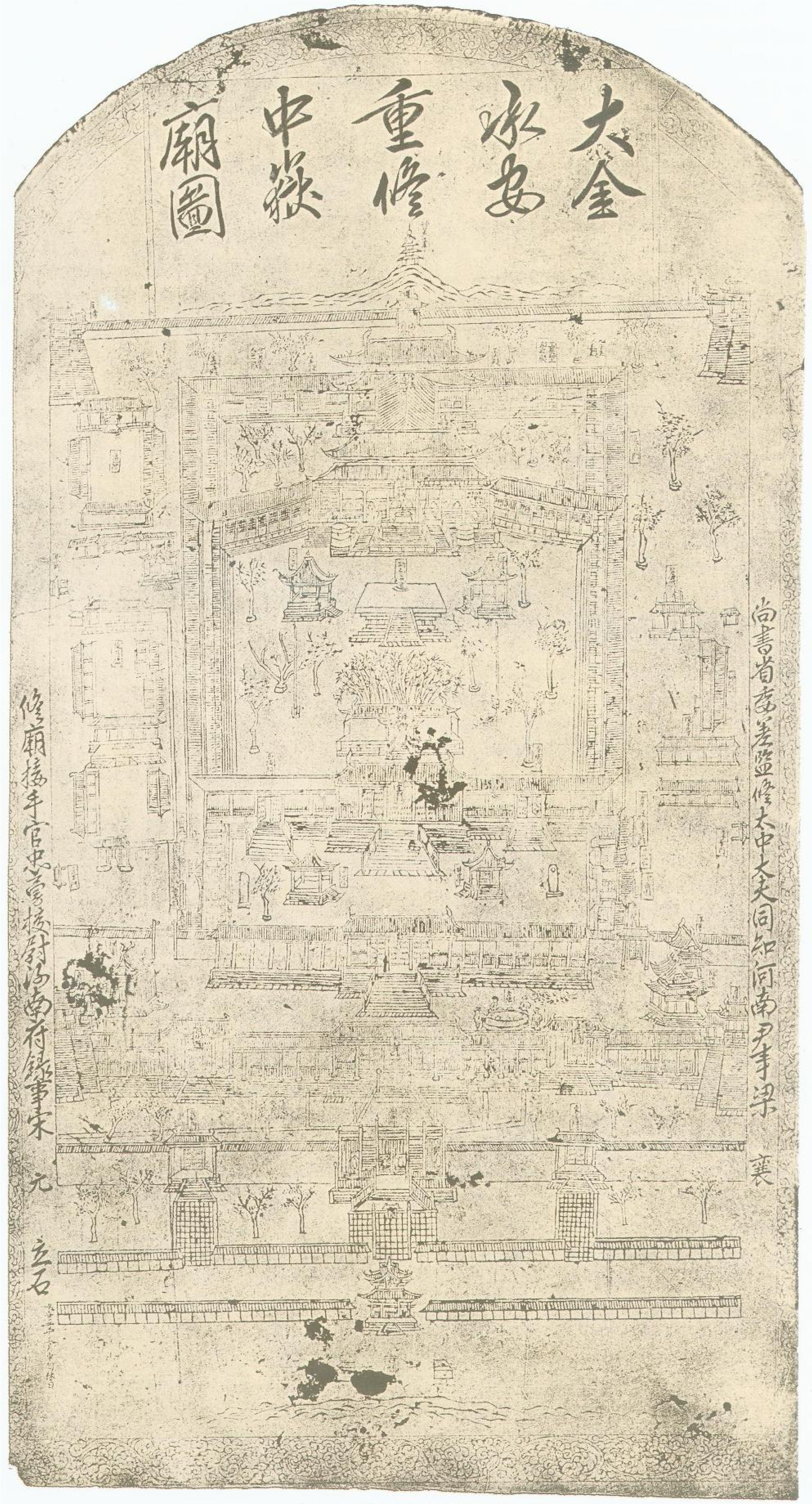


图14-1-2　河南登封中岳庙拓片

为了表现建筑物的特点，古代方案图通常采用建筑物的主要面——正立面的正投影图。立面正投影图出现很早，在战国的铜器上就已见到。为了正确表现主要尺度(高、宽)，应当采用正投影。但是，作为方案图，为达到令人得到空间的实体感觉，中国古代常常采用轴测投影的办法；不过，它是一种比较特殊的轴测图。

轴测投影与透视不同，是假定视点在无穷远处，因此，原来空间的各平行线组，仍然保持平行；不象透视图那样引向灭点（平行于投影面的各平行线组除外)。然而同时，原来空间互相垂直的三个座标上的线段，在投影后不能保持直角，并且各座标方向上等长的线段按某种比例改变原有长度。因此，按理这种图不能用比例尺直接量得真长。

我国古代的轴测投影画法是这样几种特点综合的结果：(1)保持立面为正投影，可以直接量度两个轴间的尺寸和角度关系，未加变形。(2)增加一个深度方向的投影，原来在这一方向平行的线仍然平行。其量度与正立面比较，相应减小，以减少失真度。(3)所选角，正面两个轴向保持90°，另一轴向可以灵活选择，一般较平。这种例子很多。如宋画清明上河图中一些建筑，黄鹤楼、滕王阁图，都是这种画法。

严格说来，这是一种折衷的办法，不合于任何投影原理，只是一种习惯画法。但它的好处是：(1)平行线作图，便利迅速；(2)可以直接量度尺寸（第三向乘以某一比例系数)；(3)失真度尚可在感觉上适当的范围以内。这种画法，是中国界画的基本方法。由于能够量度尺寸，某些建筑画也采用之；因此，中国古代的界画与建筑图(设计图)有相通之处。因此，界画作图，有时可以用作某些建筑的设计图。了解这一点，我们才可以理解下述史料的叙述。

郭若虚《图画见闻志》卷二："赵忠义事孟蜀为翰林待诏，蜀后主尝令画关将军起玉泉寺图，作地架一座，垂棉叠栱，向背无失，蜀主命匠氏较之，无一差失。"

宋代《圣朝名画评》卷三："刘文通，京师人，善画楼台屋木，真宗时入图画院为艺学。大中祥符初，上将营玉清昭应宫，敕文通先立小样图，……下匠氏为准，然后成葺。"

以上所举，皆是界画与实际用的工程图相通之处。这种画在一定情况下可以起设计方案图的作用，而且在一定程度上，可以作为施工的依据。

也有真正的透视画法，最早出现于敦煌壁画(图14-1-3)及见于唐初李贤、李重润等墓葬壁画中。所取的视线常垂直于建筑物正立面，且在建筑中轴线上，因而只有一个灭点。但是仔细分析，灭点往往也不在同一视平线上。这就表明：虽然当时已从直感上理解到部分透视原理，但尚未有系统的、完整的透视画法体系。

清代的中期，对于从欧洲传入的透视法（如郎世宁等人所介绍的)，中国学者曾进行过深入的研究和论述。1727年刊行的《视学》，就是年希尧与郎世宁合作的透视学著作。但是，这本书在实际生活中并未起作用，在实际工作中仍然是传统的表现技法。



图14-1-3 敦煌莫高窟217窟壁画所示唐代佛寺透视图

2.模　型

建筑是立体的实物，用平面图形表现，难免顾此失彼，不易就各种方位、高度、角度加以全面观察。于是对于复杂的形体，复杂的地形关系，复杂的组合，不得不采用模型以表达和检查设计意图。

最早记载采用模型设计的是宇文恺的明堂木样。他的明堂图为"以寸准丈"，即$\frac{1}{100}$比例尺，估计木样也为相同比例尺所造。在隋代，还有一次大规模采用木模型作为施工依据的措施：即仁寿元年（601 AD）建十三州舍利塔一事。隋文帝崇佛，令全国十三个州同时建"仁寿舍利塔"，塔型由"有司造样，送往当州建造"，同为五层木塔(《悯忠寺重建舍利塔记》)，仁寿二年、四年，续建八十一处，一依前式；共建一百一十一处，这是大规模用模型直接指导施工的著名例子。

复杂的单体建筑，莫过于木塔：它为多边形平面，构架逐级收分，柱有急遽侧脚，又是多层建筑，各类构件每层都在变化其尺度，用一般投影方法，不易表达实际构件尺度关系。因此，重要的塔，施工前往往用模型进行研究。著名的一次事例，即宋开宝年间建开宝寺塔一役，许多文献提到这一工程。当时，吴越国王钱弘俶出资在京师（开封）开宝寺建木塔，并委派著名塔工喻皓主持工程。喻皓为此造了一座木样进行研究(见杨文公《谈苑》)。同时，著名的界画家郭忠恕也为设计此塔亲手造了一个木样（见《玉壶清话》)。郭忠恕根据自己的木样进行计算，证明喻皓的设计方案，有一尺三寸误差，构件不能合笋，便向喻皓指出。喻皓回去详细校核之后，发现果然有误差，即予纠正，并向郭忠恕致谢。这个故事或对郭的技巧有溢美夸张之处；但可以明显知道，木样是可以用来直接量度计算构件尺寸用料的，可以作为施工的直接依据。今天我们遇到复杂的结构形体(例如双曲拱，壳体等)，难以用平面投影表现，而宁肯用模型来作为设计的表现方法。而我国古代匠师，早已开拓创立了这一方法。

至于纸硬样，是模型的一种，学名"烫样"，以清代样房掌尺的雷氏家族为世袭专家。他们掌握的"图样"和"烫样"，也就是进行设计工作。近代的设计事务所常被称作"打样间"，即由此而来。雷氏家族的烫样，存于北京图书馆、故宫博物院、清华大学的还有不少。它们是用硬纸板做成，外加色彩，以区别材料质地。它们的外壳(屋顶，陵墓的穹窿）可以拿去，看见内部布置和构造，表现十分清晰准确，并且按比例尺制作，尺度也很精确。现存烫样，虽多为同治、光绪时物，但仍然继承明末清初以来的传统方法，是一批值得珍视的遗产（图14-1-4)。

3．工程图

设计图还没有表达具体构造情况。因此，作为方案，这样大致够了，但是，作为施工依据还是不够的。

施工图的主要要求是准确的尺寸和形体。因此，必需用正投影图来表现。而且，有些地方，唯有用图才能准确决定具体尺寸和加工形状，例如榫卯位置、椽长、角梁、斗栱，乃至各种小木作等复杂节点。因此，《营造法式》中说："举折之制，先以尺为丈，以寸为尺，以分为寸，以厘为分，以毫为厘；侧画所建之屋于平正壁上。定其举之峻慢，折之圜和，然后可见屋内梁柱之高下、卯眼之远近（今俗谓"定侧样"，亦曰"点草架")"。

这段文字很清楚：用侧视图表现梁架榫卯的尺寸位置，而这又先要决定整个屋顶的举折。用十分之一比例尺，画在平整的墙壁上。所用的是正投影法。实际施工尺寸，可由图上直接量出，放至十倍即得。

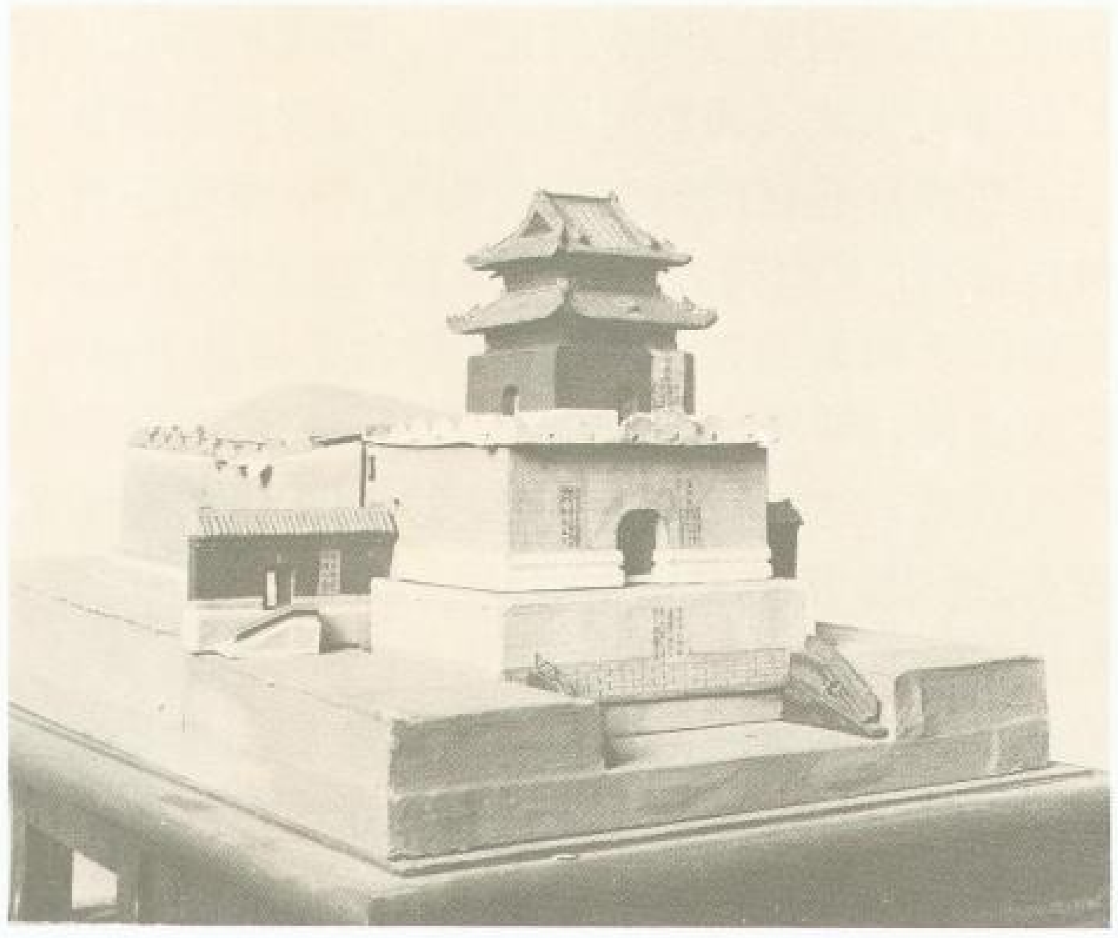


图14-1-4　（1）清华大学藏清代烫样（陵墓）之一

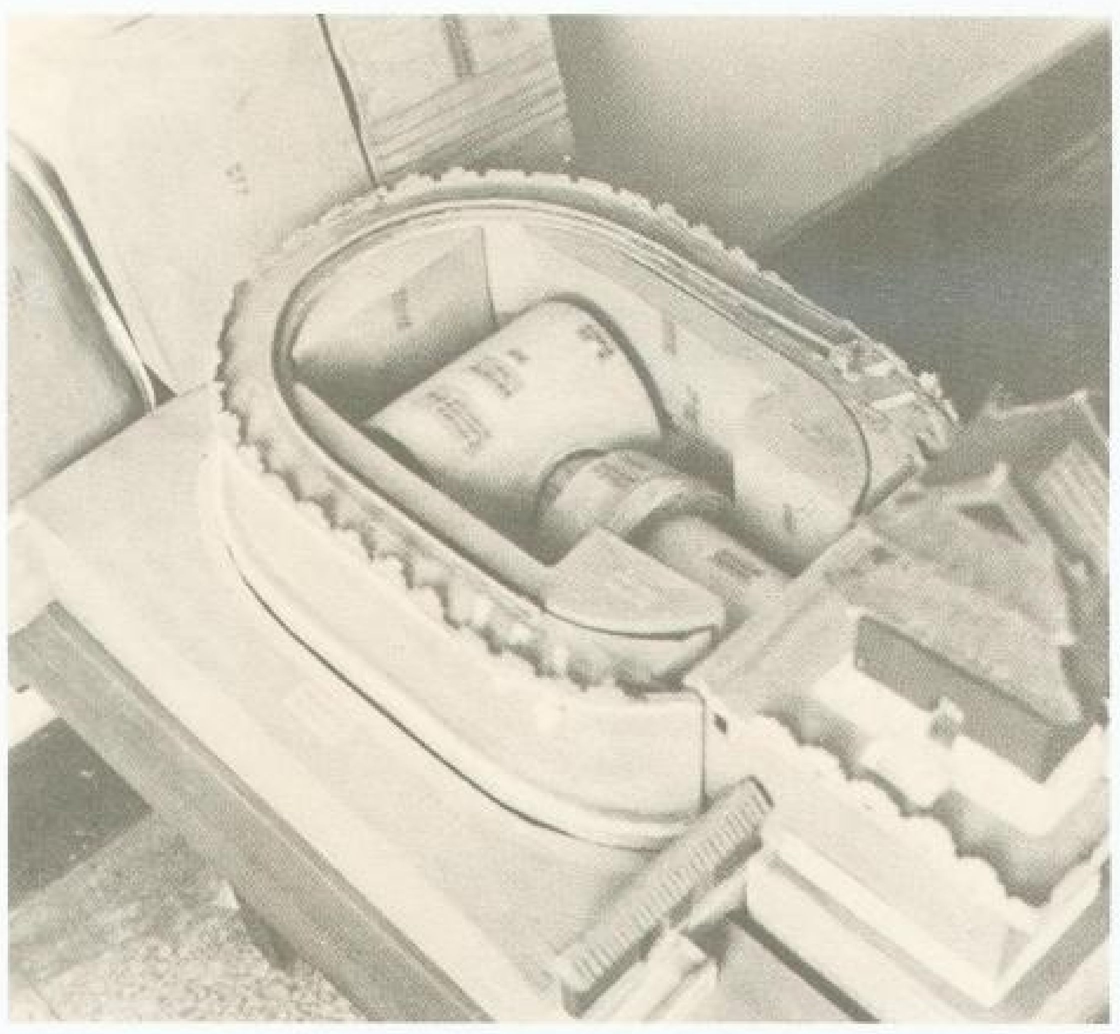


图14-1-4　（2）清华大学藏清代烫样（陵墓）之二

这种办法，也就是唐柳宗元《梓人传》提到过的："画宫于堵，盈尺而曲尽其制，计其毫厘而构大厦，无进退焉。"

"宫"即房屋，"堵"即墙壁。不过"盈尺而曲尽其制"，似乎为$\frac{1}{50}$乃至$\frac{1}{100}$的比例。这是文学说法，实际操作中，"盈尺"是不够用的，必须"盈丈"，乃至足尺大样。

平面图也是决定重要尺寸的必需用图之一。柱的间距，决定了梁枋的长短，以及一系列由此而推及的构件尺寸。因此，柱网、阶沿、屋檐线、斗栱最外跳线、转角处梁、枋的加长等等，均须由平面尺度决定。《营造法式》"地盘"所标记的，正是这些重要尺寸位置。又，《鲁般营造正式》说：

"木匠按式用精纸一幅，画地盘阔狭深线，分下间架，或三架、五架、七架、九架、十一架，则在主人之意。或柱柱落地，或偷柱及梁栟门牌，使过步梁、眉梁、眉枋，或使斗磉者，皆在地盘上停当"。

我们若把书中所附的例图："七架之格"与"正七架地盘"图联系起来看，就知道方格网即柱网，标有弧线位置，当为主要构件位置（栋、门楣、

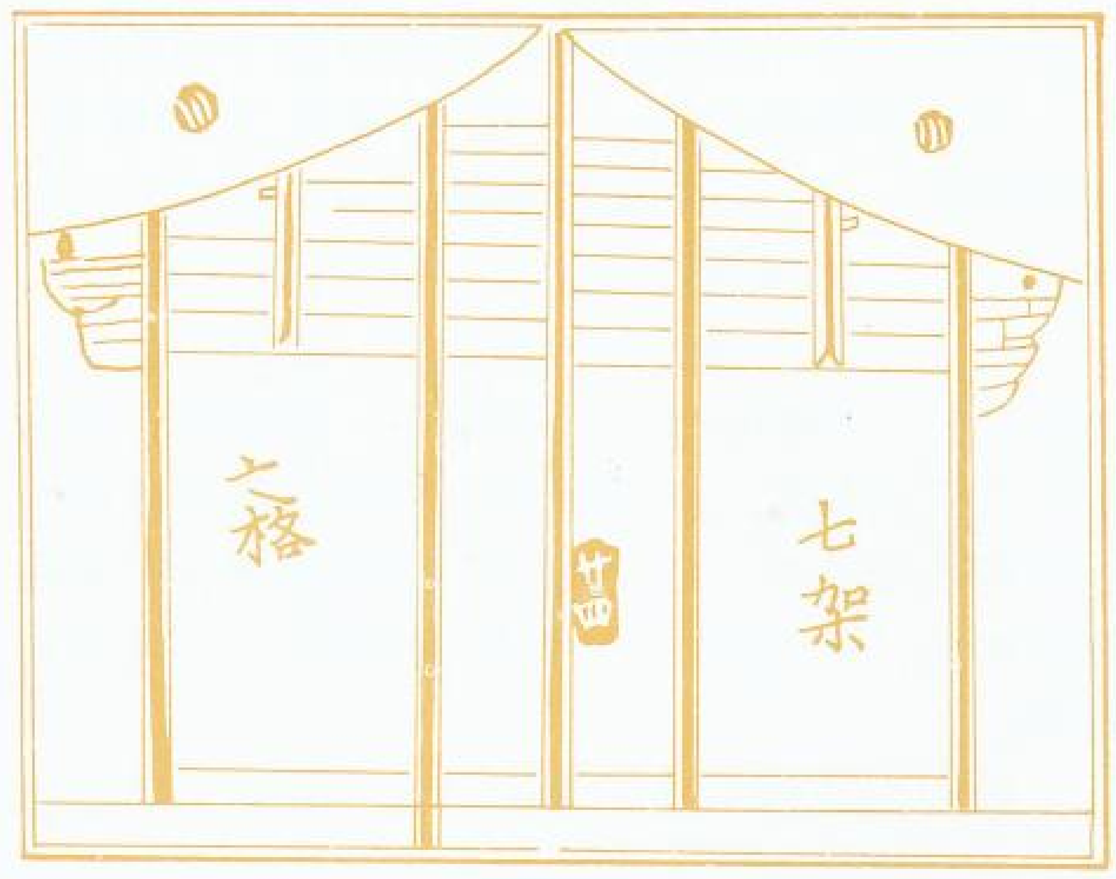


图14-1-5　（1）《鲁般营造正式》正七架图

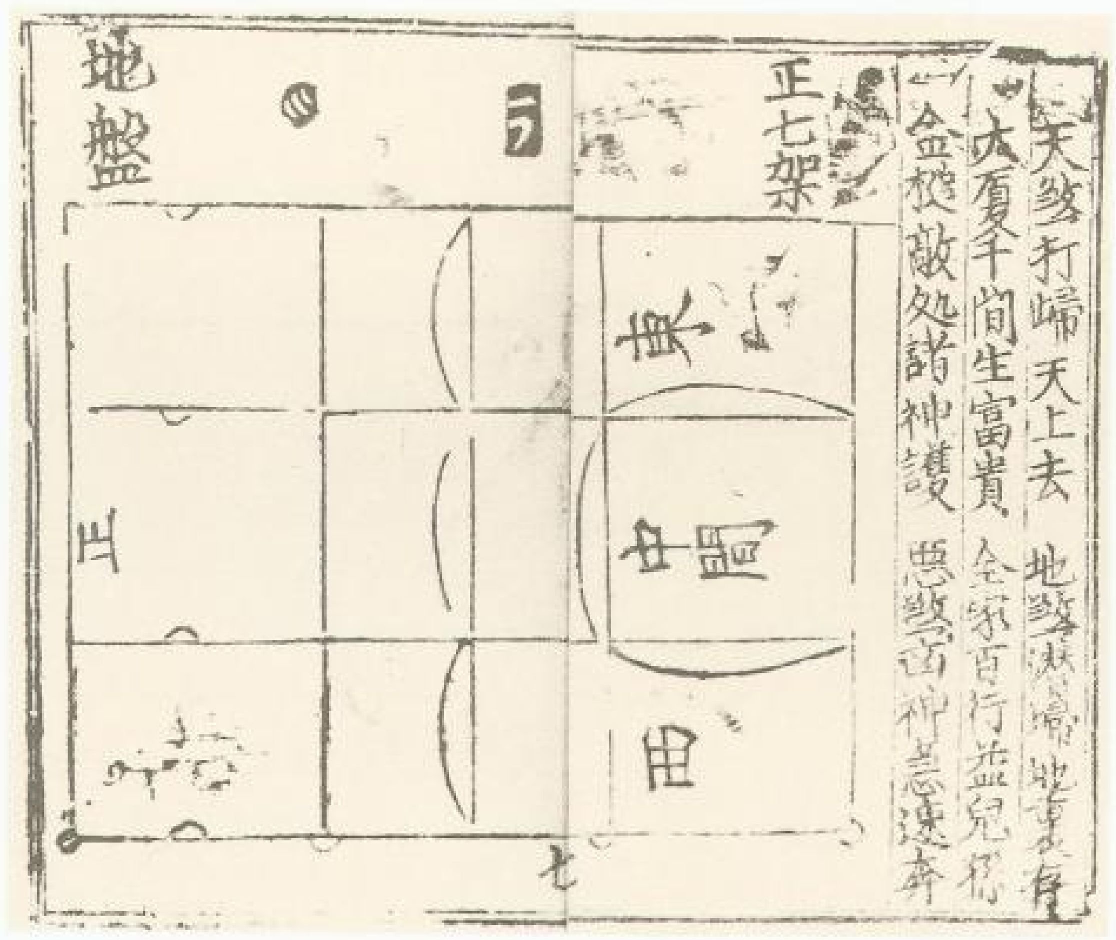


图14-1-5　（2）《鲁般营造正式》正七架地盘图

眉梁）。小弧圈为偷柱（仲柱）后童柱位置。凡此标志，均为截料及加工应注意的要点所在（图14-1-5）。

以上，是由整个城市，到建筑组群，单体建筑所用的方案图和施工图的表现方法。中国长期保持了自己的独特表现方法，是切合实用而有效的。除此以外，尚有各种其他工作的图纸，特别用于小木作、彩画、瓦作、石作、钉铰金工等方面的大样图纸。它们在《营造法式》内已有若干实例。明初，建南京宫殿，"有司进图样，明太祖命去其华靡者"，指的可能就是装修，彩画方面的图样。清代，小木作装修雕刻的大样，属楠木作；"样子雷"就是世传的楠木作设计专家。他们的装修大样，现在还保存有清末同治、光绪年间的大量图纸。这类图，比例准确，线条清晰，重点突出，他们以墨线为主，辅以彩色。如遇彩画，则如沥粉描金，画面非常醒目美观，对于今天仍有不少可以借鉴之处（见图14-1-4）。

第二节　施工准备工作

根据已确定的设计方案，加以实施，完成预期的工程目标，就是施工的全过程。施工之前，凡是材料的运输储存，人员的调集（及其生活供应），道路的开辟，现场的平整，制定工程计划和程序等，均属施工准备工作。中国古代对这一问题很重视，有不少科学的经验。

以古代的筑城、河堤、运河等大工程为例，动员人力以万计，规模宏大，如无良好的计划，就难以有计划地进行施工。

《左传》宣公十一年楚令尹艻艾猎城沂一事：

"使封人虑事，以授司徒，量功命日，分财用，平板干，称畚筑，程物土，议远近，略基址，具糇粮，度有司，事三旬而成，不愆于素。"

这里指明的准备工作包括了计算劳力工期，调配工具物资，准备粮食等项，事"三旬而成"，效率是相当高的。

又如，《左传》昭公三十二年晋士弥牟营成周：

"计丈数，揣高卑，度厚薄、仞沟洫、物土方、议远近、量事期、计徒庸、虑材用、书糇粮，以令役于诸侯，属役赋丈，书以授帅，而效诸列子。韩简子临之，以为成命。"

这一段也说明了施工前的各种准备工作：作出计划，分段负责，把工程分给几个诸侯（各率所属的国人）来完成。

古代数学著作留下来一些这类分段负责施工，计算所需劳动力的题例。如唐代王孝通《缉古算经》（卷上）给题：

"假令筑堤。两头上下广差六丈八尺二寸，东头上下广差六尺二寸；东头高少于西头高三丈一尺；上广多东头高四尺九寸；正袤多于东头高四百七十六尺九寸。

甲县六千七百二十四人；乙县一万六千六百七十七人；丙县一万九千四百四十八人；丁县一万二千七百八十一人。四县每人一日穿土九石九斗二升；每人一日筑常积一十一尺四寸十三分寸之六。穿方一尺，得土八斗。

古人负土二斗四升八合，平道街一百九十二步，一日六十二到。今隔山渡水取土，其平道只有一十一步；山斜高三十步，水宽一十二步，上山三当四，下山六当五，水行一当二，平道踟蹰十加一，载输一十四步。减计一人作功为均积。四县共造，一日役毕。

今从东头与甲，其次与乙、丙、丁。

问：给斜正袤与高及下广；并每人一日自穿建筑程功；及堤上下高广各几何？"

这一道题，需求答出平均每人每日工作量（按自挖、自运、自筑计功）；以此计算各县按人数计应完成的土方量（每人平均完成土方量相等）；堤的体积和尺寸（斜袤即斜长），沿斜坡量，正袤即斜面投影长度或水平长度，上广及下广、高；堤为梯形断面的截方锥体（图14-2-1）。

并给出一些数据：

（1）每人每日穿土：九石九斗二升（容量单位）；

（2）每人每日筑土：一十一尺四寸十三分寸

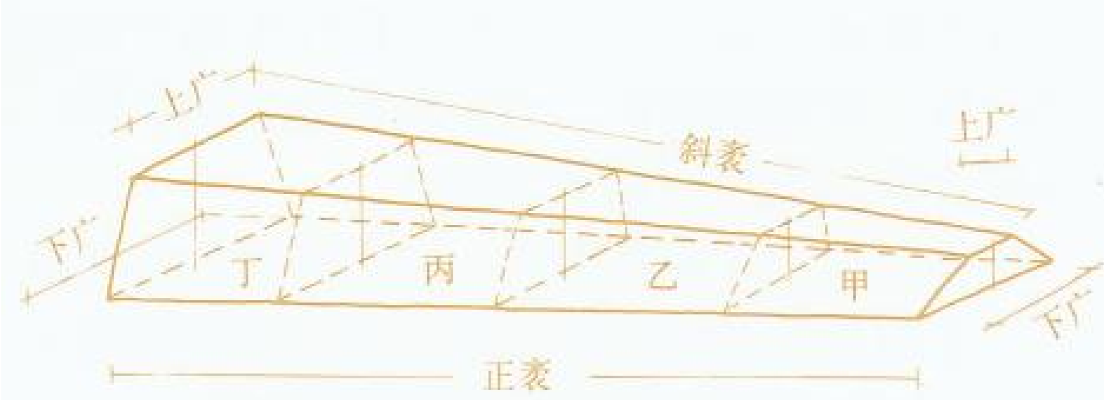


图14-2-1　筑堤计算示意图

之六；

（3）每人每日穿方（挖取土方）一尺，得土八斗；

负土二斗四升八合时，平道走一百九十二步，一日可负来土十二趟；

（4）上山三步，当平路四步；下山六步，当平路五步；水行一步，当平路二步；

（5）踟蹰：（休息，停留所用时间），按多走十分之一路程计算。

这是一道和实际紧密结合的数学题：四个县，各来若干人，各分工一段长、宽（上底下底）与高为若干的堤的土方。在计算时，还考虑运土所经过的平地、山地、过河等不同情况，又预计了留给休息用的时间（按距离折算），等等。我们可以看出当时考虑的细致，计算的精确。汉代留下的刻石，不少就记有修桥、修栈道、修石门（隧洞）等所用的功，所费的钱的核算数字。从《左传》的记载，到清代的“算房”，历时两千多年，留下大量工程经济学方面的宝贵资料。反映了我国古代工程经验之丰富多采。

劳动力预算是准备工作的基础，一切粮食、工具、宿地、分工等，都由此决定。而作出估算，必先有劳动定额。劳动定额的测定是一个复杂的问题，根据人的体力、效率、简单劳动和复杂劳动等等，可以有很大差别。我们不能用测定个别人的劳动生产效率的数值即作为直接的、普遍的定额数值，而应从大量统计中得到的平均值（或稍高于平均值）来作为定额数字。中国古代文献中，多次记载各种劳动定额数据，例如《营造法式》和《河防通议》中所记载的“功限”那样，须有大量的由实际工程中得来的统计数作为基础，才可以制定。

不过，有些简单重复的劳动，也有用直接测定的方法计算总用功量的。例如，宋代释文莹《玉壶清话》所记陈承昭（《宋史》有传）开惠民河事：

“以锸累尺，以尺累丈，定一夫自早过暮合运若干锸，计凿若干土，总其都数，合用若干夫……至讫役，止衍（多出）九夫”。

锸，起土工具；每锸深若干，土块厚若干，可以有一个常数值，这是计量单位，由此计算一“夫”（一个劳动日）可运走多少土方，再算总土方量，折合用多少“夫”。据说，实际用数只比计算多了九“夫”；开河之工以万计，这个计算误差之小，可称相当精确了。

从《营造法式》来看，所谓“功分三等”，“役辨四时”，“木议刚柔”，“土评远迩（近）”，比较深入地区别了复杂与简单劳动，加工的难易程度，季节的不同，辅助工的有否之类，这些都是比较合理的。

施工准备，除了估工之外，同样重要的是材料的准备。材料的准备，包括材料数量的计算，材料的选择，材料的运输和储存。

材料计算，应根据设计，除了主体结构材料之外，还应计入辅助材料（钉、胶、麻捣之类）。《营造法式》的“诸作料例”，即指此事。

选择和检验材料。例如木材一类天然材料，性能和用法各不相同、重在凭借经验予以鉴别。

木材首先是尺度，所谓“山有木工则度之”（《左传》），即用目测鉴定其是否成材堪用。明代朝廷在四川等地设常驻的采木官，其任务之一，就是登记可以入选的木材的品种、尺寸、数量、分布位置，呈报备案；一旦有需，即可按记录采伐。入选的标准包括弯曲度：树干宜高大挺拔，盘折弯曲则不堪入料。宋朝丁谓有判语云：“不得将皮补曲，削凸见心”（《晁氏客语》），可谓言简意赅。

其次是木质本身。齐桓公时，命令工师翰修路寝。新屋既成，前去查看，发现东侧一柱用的是樗木（臭椿），责怪翰说：

“樗，散木也。肤理不密，沈液固，嗅之腥，爪之不知所穷，为栋为栿且不可，况为负任器邪？”（《燕书》）

“负任器”就是栋梁之材，即承重构件；用樗木之类“散木”（质理疏松）来做是不行的。这就是表示，除了外型尺度，还要注意质地。

木材的硬度（质地的标准之一），在《营造法式》“锯作”内分级如下：

“解割功

椆、檀、枥木，每五十尺；

榆、槐木、杂硬材每五十五尺（杂硬材谓海枣、龙箐之类）；

白杉木每七十尺；

枏（同楠）、柏木、杂软材每七十五尺（杂软材谓香椿、椴木之类）；

榆、黄杉、水杉、黄心木每八十尺；

杉、桐木每一百尺；

右各一功……。”

木材截锯为方木，依其直径、长度、主干或旁枝，分为如下各级（根据《营造法式》卷二十六“诸作料例”）。

名称	尺寸	用途
大料模枋	长 80～60尺　宽 3.5～3.2尺　高 2.5～2.0尺	十二架椽至八架椽栿
广厚枋	60～50尺　3.0～2.0尺　2.0～1.8尺	八架椽栿、檐栿、绰幕、大檐头
长　枋	40～30尺　2.0～1.5尺　1.5～1.2尺	出跳六架椽至八架椽栿
松　枋	28～23尺　2.0～1.4尺　1.2～0.9尺	四架椽至三架椽栿，大角梁，檐额，压槽枋，高一丈五尺以上版门，果栿版，佛道帐所用料槽压厦版
朴　柱	30尺　径＝3.5～2.5尺	五间、八架椽以上殿柱
松　柱	28～23尺　径＝2.0～1.5尺	七间八架椽以上殿副阶柱 五间、三间、八架椽至六架椽殿身柱 七间至三间八架椽至六架椽万堂柱

以上各种木料，均为胚料，根据建筑等级及具体尺寸，再加工为构件。平日，这样的胚料均解割储存备用。在宋朝，京城掌管这种加工胚料和储存机构为“事材场”（《宋史·职官志》）。所谓“计度一应材物，前期朴斫（即加工为胚料）”，即指此。明代掌管京城修建木材的储存为工部所属的神木厂（在崇文门外）和大木厂（在朝阳门外，均见《明水轩记》）。明代和清代又有贮材场于张湾（通州运河码头，去京三十余里）。

明代宫廷官府以实物税的形式征集囤积竹木材料备用；其机构为竹木抽分局，属工部屯田司。明初设于南京龙江大胜巷；迁都北京后设于通州，芦沟白河、通济、广济等地，专门供应宫廷各部门用竹木。这种“抽分”，是把主要供民间使用的杉木、毛竹，由木材商人以纳税形式上缴一部分，积存各局备用。砖、瓦亦有抽分。如认为必要时，甚至全数照估验买，充作官用。这是与朝廷采木并行的另一种木料来源。这种抽税制度，宋代已有，其机构称为“竹木务”。

关于砖瓦材料，古代例为统治阶级优先享有。秦汉之际，设有专管机构。大抵何处兴造，即由该处自行设窑烧造。汉代砖瓦，有“上林”，“左校”一类刻记。魏晋南北朝至隋唐，砖瓦烧造属于“甄官署”。宋代则属于“京西八作司”之“窑务”。元代设“窑场”（平则门。光熙门各一；平则门即今阜成门，光熙门为大都东北门）。

明代初期，营建南京（应天府），其筑皇城和京城用砖，由沿长江的各省以劳役形式缴进；砖身均有印戳，列举负责的州、县官吏和具体造砖烧窑匠工的姓名，以作为验收时记录之用。其中“均工夫造”，也属一种劳役形式，但是允许出资代雇。实际烧窑制砖，均属专业匠工，而其代价则转嫁于农民负担，作为封建剥削的一种手段。营建南京所用的琉璃件，则在聚宝山烧造。

营建北京，制砖主要于临清设局，北京亦设黑窑厂，琉璃厂以充用。临清主要烧造：城砖、副砖、券砖、斧刃砖、线砖、平身砖、望板砖、方砖。至于宫殿铺地细料方砖（俗称“金砖”）则专委苏州烧造，其地在苏州陆墓；由应天（南京）池州、太平、苏州、松江、常州、镇江各府负担费用，各府派人赴苏州觅选熟练工匠烧造，运往北京贮存备用。

所用砖料，有验收标准，所谓“坚莹透熟，广狭中度”，不得“色红泥粗”（见贺盛瑞《冬官记事》）。明代陆墓金砖的质量，堪称古代砖的最高水平。验瓦，《营造法式》有所谓“撺窠”，即用竹片为半圆模，把筒瓦从中一一穿过试验，达到瓦件尺寸一致的要求。明代验收琉璃瓦的制度是：

事先烧造样瓦两件，一送皇帝，一送监造官员；验收时，即以样瓦为准，如“质有厚薄，色或鲜暗，即不准收”（见《冬官纪事》）。明代验收制度严苛，但是，明代制砖，制琉璃的技术，确也达到极高水平。

不仅主要材料如木材、砖、瓦、琉璃有一套验收制度，其他材料也有相似的办法。例如彩画颜料，明初设有“颜料局”专掌其事，制成品收入“甲字库”或“节慎库”，也须经过验收。

关于场地，运输的安排，是工程准备中必须考虑的问题。虽无系统史料，但历史上不乏有关记载。丁谓于宋真宗大中祥符年间修复宫殿一役，即一范例，见于沈括《补笔谈》。又如，古代筑城，城垣与城壕并举。城垣取土，即成城壕，一举两得，实际也合于施工布局的经济合理原则。同时，城壕成为河道，又可以作为运输用。明南京城的筑城，用砖量很大，所用运输方法，依赖船运。所以南京城垣走向，大多数均临城壕形成的河道或湖泊，这对减少劳费有显著效果。

平整场地，有时需加夯筑，必要时须有桩工。我国古代用桩的历史甚久，特别桥基、码头等水下和临水建筑，尤为普遍。例如：

《益州记》：市桥、笮桥，今各有一铁椎，大十许围，长六七十尺。云：初桥，引机运此椎以击桥柱。本有三，今余二[2]。

这条记载所述的打桩重锤尺寸过大，恐有夸张，但是，所说的“运机”显然是利用了杠杆、滑车一类简单机械来提升铁锤击桩，这大约是西晋时期三世纪的记载。

中国古代建筑工程中，最大规模用桩的，应推明初南京宫城建设一役。由于宫殿和城垣位于积水低洼地带（原为“燕雀湖”）的填土上，其下用了大量木桩。1961年左右，在南京明故宫遗址沿原有宫城城垣位置的土层中，发现大批当年的杉木桩（径约30厘米，长约10米），每平方米之内平均有桩两、三根，非常密集。桩头均截锯保持同一水平高，估计其上即便砌筑城垣。至今这批杉木拔出后，仍完好可用。从这批出土桩木的埋深看，当时击桩入土的工具设施已颇具力量。一般建筑地基的整平工具，已无较早资料；但是，清代中期麟庆所著《河工图集》中所载各种平土、碾实，击桩等工具，大致可以代表古代这一技术的面貌。

第三节 测量、定位与计算

定位，包括定平、定垂直、定向；测量，包括测定距离、面积、体积、高度；这是一切建筑工程过程中必不可缺的技术项目。

一 定 平

从古到今，用以决定水平面的准物就是静止状态的水。一切液态物质都具有保持水平面的性质（水银、酒精等），但通常用作标准的是水。从古代的浮子到今天水平仪上密封的气泡，虽然精密程度和便利程度不一，但是原理则相同。因此，定平技术可以用定平工具的精密程度来标志。

《营造法式》曾于“看详”中“定平”一项内引了若干秦以前的文献如：

“《周官考工记》：‘匠人建国，水地以垂’。郑司农注云，于四角立植而垂以水，望其高下；高下既定，乃为位而平地。

《庄子》：水静则平、中准；大匠取法焉。

《管子》：夫准，坏险以为平。

《尚书大传》：非水，无以准万里之平。”

以上，均说明定平用水，但并未详细描述水准工具。郑玄的注提到“植”，即标竿，但是未触及水准工具本身。不过，既有标竿，则必有用视线或长绳引伸水平面到达标竿的方法。

殷墟发掘中，发现建筑基址中有枝状的水沟，据推测为观察基址水平用。若然，这是直接用水的方式；当然是原始的方法；它终于被淘汰而为间接的方法取代。不过，宋代沈括在一次测量由开封到泗州的汴河沿岸高差时，仍用筑堰直接观测水平的方法[3]。

间接的方法，其原理是把水准仪本身备有的水平面，用平行线的原理引向目标处的标竿，由标竿刻度（即水平面与标竿的交点）间接（仍然用平行线原理）判定地面高低变化。

现存中国古笈中，最早记录水准仪的是唐肃宗乾元二年（759年）李荃著《神机制敌太白阴经》。其卷四“战具”中“水攻具篇第三十七”中，说明“水平”的形制：

“水平，槽长二尺四寸，两头、中间凿为三池，池横阔一寸八分，纵阔一寸，深一寸三分。池间相去一尺五分，中间有通水渠阔三分，深一寸三分。池各置浮木，木阔狭微小于池，空三分。上建立齿高八分，阔一寸七分，厚一分。槽下为转关，脚高下与眼等。以水注之，三池浮木齐起，眇目视之，三齿齐平，以为天下准。或十步，或一里，乃至数十里，目力所及，随置照版、度竿。亦以白绳计其尺寸，则高下丈尺分寸可知也。”

要决定直线（视线）是否平行水平面，有两点也就够了；用三个浮木（三个点），大约是为了减少误差。此外，重要之处在于水槽下设有“转关”，可以使水槽旋转；惟如此，才可以调整方向，同时刻画一批标点于若干标竿（“度竿”），使这一批标点构成一个水平面。用这种方法，“水平”和“度竿”位置可依需要而自由设置或移动，当然就便利多了。

浮木上端“立齿”，成为齿状的理由，是留有缝隙便于判各浮木上缘齐平。

照板、度竿的形制和用法是：

“照板形如方扇。长四尺，下二尺黑，上二尺白。阔三尺。柄长一尺，大可握。度竿长二丈，刻作二百寸，二千分，每寸内刻小分，其分随向远近高下立竿，以照板映之，眇目视之，三浮木齿及照板黑映齐平，则主板人以度竿上分寸为高下，递相往来，尺寸相乘，则“山岗沟涧”水便高下，可以分寸度也。”

这里说的是大面积范围内的地形测量。

北宋曾公亮《武经总要》卷十一“水攻”项所述“水平”、“照板”、“度竿”的文字与此全同。但清代《四库全书》本《武经总要》的附图是有错误的。第一，浮木的齿，其方向应三木平行而非纵列（即应与视线垂直）；第二，持板人所持的照板应是一块上白下黑的木板而不是空框，其板观测时应附于竿侧或竿后（对于视点而言），而不是远离（图14-3-1）。

北京图书馆藏明版《武经总要》的照板图（图14-3-2），是错误的图。可以推测，这一方法，宋以后久已废止不用了，以致误解。

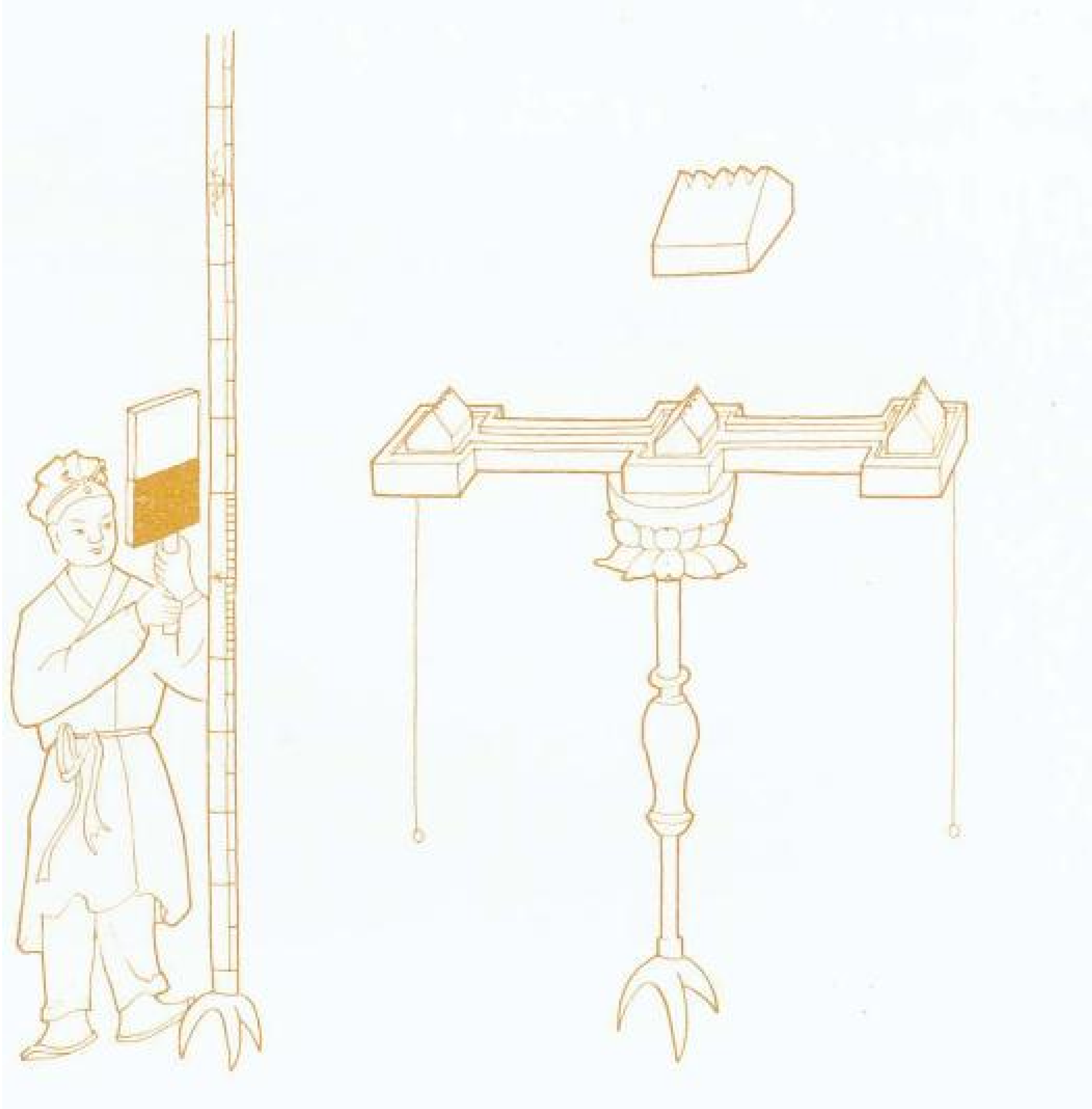


图14-3-1 “水平”、照版的正确用法



图14-3-2 明《武经总要》照板图

用于建筑基址的定平，范围比上述为小，但所采用的工具原理和形式仍然基本一样。宋《营造法式》看详“定平”项内说：

“定平之制，既正四方，据其位置于四角各立一表，当心安水平。其水平：长二尺四寸，广二寸五分，高二寸，下施立桩长四尺（安镶在内），上面横坐水平，两头各开池方一寸七分，深一寸三分（或中心更开池者，方深同）；身内开槽子，

广深各五分，令水通过；于两头池子内各用水浮子一枚（用三池者水浮子或亦用三枚），方一寸五分，高一寸二分，刻上头令侧薄，其厚一分，浮于池内。望两头水浮子之首遥对立表处，于表身内画记，即知地之高下（若槽内如有不可用水处，即于桩子当心施墨线一道，上垂绳坠下，令绳对墨线心，则上槽自平与用水同。其槽底与墨线两边用曲尺校令方正。）”

《营造法式》所述的方法，和《太白阴经》比较，晚了三百四十三年，但反而简单些。（1）《营造法式》已经以两个池子（两枚浮子）式为主要形式，“或中心更开池”的三池（三枚浮子）式，只是另备一格（卷二十九的水平图为三池）。（2）沟通各池的槽子较浅，增加各池（浮子）的独立性。（3）卷二十九所示的立桩是一个尖脚桩（可以旋转）还需有其他“安镶”（固定）装置，但没有表示出来。（4）没有提到照板和度竿。大约是因为距离范围有限；同时，确定基址水平，当一般尺寸变化幅度不大时，毋需过长的度竿。（5）这里提出了在无法用水时利用曲尺（或直角的尺）和垂线（即重力方向垂直于水平面的原理）来确定水平面的方法。其实，垂线在设立水平时，也用于校正立桩是否垂直。（6）于基址四角立表（标竿）作记，这是为了基址水平面达到设计高度，即标高；这和下述用“真尺”校正局部础石、地面之是否保持水平目的不同，用真尺时可以不涉及标高。

《营造法式》中所列的“真尺”如下：

“凡定柱础取平须更用真尺较之，其真尺长一丈八尺，广四寸，厚二寸五分。当心上立表高四尺（广厚同上），于立表当心自上至下施墨线一道，垂绳坠下，令绳对墨线心，则其下地面自平（其真尺身上平处与立表上墨线两边，亦用曲尺较令方正。”

这里明白指出，真尺的用场是校正局部地段是否水平，真尺的长度约即为木构一间的宽度，表示它的校正范围不逾出一间范围。实际上，除了大规模的建筑群、大范围的基址需用“水平”外，一般施工中的检验校正，主要是采用利用垂绳原理的真尺，直至今日，仍可常遇。

宋《营造法式》所用的“水平”，不是单为建筑用的，水利工程所用的也是一样。元代沙克什的《河防通议》，是根据金代都水监本《河防通议》和北宋沈立所撰《河防通议》（汴本）两本所载水利工程技术资料汇编而成；其中“定平”一项的文字与《营造法式》全同。说明汴本所引的资料（早于《营造法式》成书），已为当时通用，而金代和元代相沿不变。

一直到元末明初，民间汇辑的《营造正式》一书，所用水平与上述完全一样，只是“浮木”称作“水鸭子”，同样有不用水而用垂绳校正水槽保持水平面的方法。《营造正式》的“定盘真（训作“直”）尺”，也同《营造法式》的“真尺”完全一样，其底尺长度为“一丈四五尺”，相当于一般民间住宅一个开间的尺度范围；它也是用来检验局部水平的。

民间还有一些其他定水平的工具，原理仍然是把静止的水平面用间接方法（长绳）引向标竿，如刘致平著《中国建筑类型与结构》一书附图中所示一例，即云南地方民间所采取的传统简易方法。

二 定直和重心问题

建筑工程中，有许多场合需要确定结构构件的重心，来保证结构的力学稳定，特别是直立而底面积小的构件（墙、柱）尤其如此。

例如在制作木柱时，在柱身画出柱的中线，通过柱顶和柱脚的中心（当然，这是认为木材本身各部分的质量是均匀的，因而几何中心即为重心）。当立柱时，即以垂线来校验柱的中线是否与之吻合。

可以说，远古的人就从日常千万次的经验中知道：水面是水平的，垂物的绳是垂直的，“水平”和“垂直”这两个词，就由此而来。

人们理解用垂绳定垂直是远早于有文字记载的历史以前的事。在工程中它被用于检验或规定结构体及其各构件的重心位置；以及利用来量度水平高差等。

（1）木构的直立构件各种位置的柱，外檐柱（有侧脚）、身内柱（无侧脚）、瓜柱（蜀柱即梁上短柱）。通过柱上下端截面的中心作十字线，使与柱缝方向合；十字线在柱身表面所弹的直线，应于立柱之后垂直于地面。需要十字线的原因是垂直校正应由互相正交的两个方向去测定；单一个坐标方向的校正是不够的。

柱的实际重心是否即在柱的几何中点呢？显然不是。因为，即使木柱的几何体形在高度方向均匀无变化，但是木料本身的质量从根部到梢端是有变化的——根部比梢端为密实。因此，柱的用料应使根部在下，这样，实际的重心即比几何中心稍为下降。这一点，古代的人已经注意到了。《世说新语》中有一个故事：

“凌云台（三国曹魏时建）楼观精巧，先称平众木轻重，然后造构，乃无锱铢相负揭。台虽高峻，常随风摇动而终无倾倒之理。”

这里说的，一是整个构架用料的分布，轻料在上重料在下；二是构件本身应以密实一端向下，轻疏一端向上，用这样的办法来使整个结构和它的各部重心有所下降。大约南北朝时，出现了梭柱。梭柱的特点即是占$\frac{1}{3}$的上段柱径收杀比下段$\frac{2}{3}$为大，不但注意到了实际重心，而且对柱的几何中心也使之降低到柱中点以下。这种用料方法是科学的，合理的。

用垂绳校正柱的重心位置，是施工过程中应谨慎从事的一个步骤。

建筑的周围外檐柱要求重心内倾。因为外檐柱不再有构件自外侧加以支持，它若向外倾斜，容易造成拔准甚至倾倒。而木构架在风力作用下（或地震作用下）水平方向的摇摆瞬间变形是常有的情况。因此，事先使柱的重心内倾（而内侧是有构件支持的），道理就譬如预加应力一样。愈是受力摇摆情况严重时，柱的侧脚即应更多。例如，悬挂大钟的木架负荷重量大，经常处于振动状态，即应加大侧脚。后来，《鲁班经》描述钟楼为“风字脚”，形象地说明侧脚需要特别加大。

古代经验所总结的这一套注意结构和构件的重心的力学见解和采取的相应措施，曾是许多古代木构能够抵抗多次风害、地震的一个重要原因。

侧脚的具体做法是：由柱身的几何中线，另根据侧脚比率弹一道斜线（“升线”由柱上端中心开始斜下）；根据这道斜线，用直尺在上下端作直角线，并依此线截锯柱端成为柱的上下底面。在安装时，使校正垂线与斜线（侧脚线）重合即是。不过，正面和山面的平柱只有一个向内倾斜的方向，而角柱则应有两个内倾方向。

瓜柱（蜀柱、童柱）用枋、襻间、驼峰等构件扶持。不过，它须由两个方向校正；并且它的垂线应通过梁的中线；这就是说要保证同一缝上的各柱和梁的中线，重合在同一个垂直面内，否则会因出现偏载产生破坏。柱是同水平面垂直，而不是同梁背表面保持垂直，因为月梁或用天然原木做梁时，梁背本身不一定水平，不可以为准。

（2）砖石瓦工：砌筑砖墙也用垂绳校正重心。古代包砌于夯土外的墙身也有称作侧脚的斜度（见秦九韶《数书九章》卷七“临台侧水”）。由于墙身延袤，不可能由断面判断墙身的垂直或倾斜，因此采用靠尺，用间接方法测定砌体表面的倾斜度。

除了砌砖体外，凡用条石砌筑台基，石墙（隔减）、渠沿、河堤，乃至立华表、牌坊、造多层石塔，也一样用垂绳校正，以保证重心位置。

屋面铺瓦时，对于高而狭的正脊，在设置脊桩安砌正脊时，先须在两端脊桩校正垂直，然后引绳为准逐段砌脊。正吻（鸱尾）尤为高大，更是特别需要注意校正重心。脊中部的塔形装饰，亭类结构的斗尖结顶，乃至塔刹心柱，这些位置，都必须经过垂绳校正。

（3）小木作：主要是门窗须保证门扇、窗扇与地平的垂直。首先，要保证门窗扇所附着的门框窗框的垂直面，以及门砧、门枢等在一垂线上。这些构件的安装定位，均应吊线校正。

总之，利用垂绳定直的原理，来保证建筑的结构布局和构件本身的重心位置达到要求，这是古代整个施工中非常重要的步骤，涉及到许多工种和工序。这些经验多数不见于文字记载，但迄今仍然保存在传统的民间施工方法之中。

中国古代的许多高大建筑，例如木构式砖石结构的高塔，在施工过程中，重心的掌握，垂绳校正的运用，其成效是显然易见的。正是这一技术的准确，才保证了许多古塔高楼，经历千载风霜，屹立至今。我们今天去测量这些古建筑，仍可看到当时定平定直的高度水平。

正是精确的定向定位技术，才能保证我国古代规划宏大的城市建筑群的几何构图的均衡整齐。

北京城自永定门到钟鼓楼延袤达8公里的中轴线，自正阳门起至太和门可以洞见的测量定位，是世界上少有可与之相匹的。而这样大规模地实现

规整布局，如以隋大兴城为标志，在我国已有约一千四百年历史了。

三　定　向

定向，主要是定南北向，亦即地轴的方向。

由于地轴指向北极星（现代极星为小熊座 α 星）而微偏，所以，观测到北极星的位置，北半球（中国在这一范围）的任何地点都能用它来确定方位。这是以天体为准物的定位方法，是使用最早的方法。

一天之中，地球上任意点与太阳的最近的时刻是正午；这时，在该点日照的投影最短。因此，我们量得正午日影最短时太阳的方位，也可得到正南向（指北半球，南半球则反之）。

地球磁场的两极，接近地轴的两极（南极和北极），因此，自从发现磁石的指极现象后，因而发明了指南针；用指南针定方位的仪器，古代称作"罗径"或"罗盘"。

北极星，太阳，地球磁场，这三者是古代人们借以确定方位的主要依据。

中国古代的天文观察已达到相当精密的程度，知道极星并非地轴正指而略偏。建筑用的定向和天文观测类似，可是精密程度则不及。建筑的方位用不着那么精密，因此，即用极星位置作为正北。

日影的测量也早就注意到了：最早的历法，最早计算回归年时间的方法，就来自日影观测，特别冬至这一天（正午日影为全年中最长）的日影观测。比起天文来，建筑利用日影定向的方法，也是简单多了。

磁针定向用于建筑的罗盘刻度非常细密。但是，不是由于在建筑择向时功能的需要，却是由于阴阳风水的迷信要求。

在《营造法式》中所列举利用天体定位的方法如下：

（1）圜版："先于基址中央日内置圜版，径一尺三寸六分，当心立表，高四寸，径一分，画表景（同影）之端，记日中最短之景。"

这种方法所立的表用木制，古称为"臬"（古代在天文测日影时用土墩或石柱，也谓之"表"）。所取日影正好"日中最短"时，这时太阳方位在正南。

（2）望筒："次施望筒于其上，望日景以正四方。望筒长一尺八寸，方三寸（用版合造）。两罨头开圜眼，径五分，筒身当中两壁用轴安于两立颊之内；其立颊自轴至地高三尺，广三寸，厚二寸。昼望以筒指南，令日景透北；夜望以筒指北于筒南望，令前后两窍内正见北辰极星。然后各垂绳坠下，记望筒两窍心于地以为南，则四方正。"

这即是以北极星（宋代称极星为天枢星，即鹿豹座32²H）为准物的定向方法：使望筒的两窍心所成的直线指北，然后把这线段移向（投影于）水平面。当然，这未免会有误差（筒罨头距短，圜眼直径大），但对施工实用来说，精密度已经足够。这里所用望筒，白昼视日，夜间视北极星，是兼用太阳和极星两者，互相校正。实际上，这两者所定南北，有微小差度（南为正南，北则微偏），不过，可以忽略不计。

（3）水池景表："若地势偏衺（同"斜"），既以景表望筒取正四方，或有可疑处，则更以水池景表较之。其立表：高八尺，广八寸，厚四寸，上齐（后斜向下三寸），安于池版之上。其池版：长一丈三尺，中广一尺，于一尺之内，随表之广刻线两道；一尺之外开水道环四周，广深各八分，用水定平。令日景两边不出刻线，以池版所指及立表心为南，则四方正（安置：令立表在南，池版在北，其景夏至顺线长三尺，冬至长一丈二尺。其立表内向池版处用曲尺较令方正）"。

如果地势不平，则由望筒两端窍心至地面的投影容易加大误差。为精确计，先求得准确水平面，在此平面上校正日影方位，这就是"水池景表"的用意。如若日中表影出了刻线，表示池版指向不与子午线重合，则应加调整。这一方法，无非进一步精密而已，原理则与圜版立表一样。不过，《营造法式》所举"夏至日影三尺，冬至一丈二尺"是不正确的，宋代以阳城（今登封告城）日影为准，冬至为1.2715丈，夏至为1.4779尺，不可能出现《营造法式》所记数字（见秦九韶《数书九章》所引宋代阳城测两至影长数据）。

用太阳，北极星定向，当然可以与地轴指向一致；但是要受到气候影响（阴雨无法观测），架设和校正时间颇长，工具也不便于携带转移。磁针定向则不受这些限制，具有优越性。因此，当磁针的形式成为具有实用价值的工具——罗盘（罗径）时，就广泛地代替了用天体定向的方法。实用的罗盘便于携带，随时可用，特别是在野外山区尤为便利。大约南宋以后，即逐渐广泛采用。安徽徽州地区，从明代以来，以制作罗盘著名，至今休宁还保存有罗盘作坊的旧址，故宫保存有安徽休宁所制罗盘实物。

由于磁偏角的存在，磁针指向和地轴不一致而有或多或少的偏角。这一现象，沈括《梦溪笔谈》已经指出。不过，在实用上，对于某一地区，知道磁偏角（为一常数）以后，计入这一差数即可，甚至迳直以磁针指向为正南北，而略去偏角。

明代《鲁般经》中，凡定向均用"罗经"，没有用日影及极星的任何条文，这也说明了明中叶以后罗盘已处于主要地位。

四　测距、高度、面积和体积

有了上述水平面、垂直线、方位角三者，实际上已有了坐标；测定距离和高度，只是丈量取得数据的问题。然而，也有用直接方法所不能丈量的情况，就需用间接的方法，即几何计算的方法。面积和体积，更是几何形状的计算问题。这些，在古代数学著作中常可见到，在前述工程预算问题中，已涉及一些。

在我国留存下来的古代数学著作中，单就与工程、地形有关的测量来说，最早记述测量的计算方法的是成书约在汉代的《九章算术》；不过，它所采取的方法，在汉代以前即已有了。此书经三国时代大数学家刘徽注释，使我们生动地看到：古代人民的数学创造一直和生产实践密切地结合在一起。刘徽本人所著的《海岛算经》讲述利用标竿进行二次、三次、四次测量，求得数据进行计算的方法。这是关于测量计算的重要著作。后来，集大成的南宋大数学家秦九韶所著《数书九章》，发展了《九章算术》的一些基本命题，更加密切地和工程及地形的测量问题结合。

这一类命题中，有所谓"邑方"的求法：

"今有邑方不知大小，各中开门。出北门三十步有木；出西门七百五十步见木。问：邑方几何？答曰：一里。"（《九章算术》卷九）

□1 = □2，而□1 = ab = □2

由题义：4 × □2 = 邑面积 = X^2

∴ √邑面积 = 邑边长（邑方）

（300步 = 1里）

解法是：邑方 = x，出北门 = a，出西门 = b

X = √（出北门步数 × 出西门步数）× 4

这里采用的方法称为"勾股重差法"，根据出入相补原理推导而得。

到了秦九韶《数书九章》，这个命题更有发展。例如"表望方城"一题：

"问敌城不知广远，傍城南山原林间望之，林际有木二株，南北相去一百六十步，遥与城东方面参相直。于二木之东，相对立表，表间与木四方平。人目以绳准之。人自东后表向西行一十步，望城东北隅，入东前表一十五步；又望城东南隅，入东前表四十八步又半步，里法三百六十步（按此与《九章算术》不同），欲知其方广及相去几何"。

以上举的是测距和求长度之例。当然，用目测和表竿所取的数据本身会有一定误差，但我国古代测算技术本身是准确的。它们所依循的方法简洁有效，对今天仍有可以借鉴之处。

又如《数书九章》卷八之"表望浮图"：

"问有浮图欹侧，欲换塔心木，不知其高。

塔六丈，有刹竿，亦不知其高。竿木去地九尺六寸始丁锔（铁扒丁），锔一十四枚，枚长五寸；每锔下股，相去二尺五寸。就竿为表：人退竿三丈，遥望浮图尖，适与竿端斜合，又望相轮之本，其景入锔第七枚上股。人目去地四尺八寸，心木放三尺为楯茆（今作'榫卯'）剪截，欲求：塔高，轮高，合用塔心木长，各几何？"

这一测高命题，解法原理仍是"勾股重差法"。但是如卷七"临台测水"这一命题，乃是高次方程，属于较繁难的运算。

综上所述，中国古代测量高度、距离，往往用表竿作辅助，取得某种与被测物关系的数据若干，运用勾股弦定理、重差法加以计算，达到相当高的水平，在当时世界上，居于领先地位。

汉魏以后我国古代数学的理论水平，远远超过建筑测算的实际使用之需。这一点，是在讲述工程计算方法时应估计到的。

我国古代建筑技术的发展，依赖于比较精确的测量定位和高度数学计算水平之处至为明显。大至城市，小至构件榫卯、工料估算以及土方、

运输、劳动日的估算分配，莫不需要测量和计算。中国古代对此积累了大量经验数字。

第四节 起重运输

运输建筑材料，古代一般方式有：

1.人力担运背负；

2.畜力背驮；

以上两种是最古老的办法。

3.车运——物重由车承载，用人力推挽或畜力牵拽；

4.滚辊——滚动的木辊或金属辊；

5.滑动——利用光滑平面或滑轨；

6.浮运——船或筏。竹木料本身能浮，可作筏（木、竹排），筏本身亦可作载物工具。

用人力或畜力直接承载重物，所运的物件重量受体力的限制，超此，则必须用运载工具承重。

车的发明很早，在奴隶社会早期，至迟中期已经出现，殷甲骨文已有“车”字。车的遗迹最早见于殷墟。

车的承载量，视轮数和车轴、轮毂的结构强度而定。独轮车必须用人力来操纵重心，过重是不合适的，它的载重量有限。但独轮车至迟汉代已经出现，优点是路面可窄，灵活，利于运载体积较小的构件。但较重或体积大的构件，则必须用双轮或多轮车。依《营造法式》“般运功”条所记，用于运输建筑材料的车种类如下：

螭车（即“辎车”）——载重量为五百斤至一千斤以上；

辘椂车——载重一千斤以下；

驴拽车——载重八百五十斤（为一“运”）；

独轮小车——每车载重二百斤。

“辎，谓车之有防蔽可以重载者”——（《管子》注），即古代载重车的通称。一般用牛挽，可达十数。

辘椂——同“辘轳”，可能指轮缘宽厚的车。

以上辎车辘椂车为四轮。驴拽为两轮。

若物件重量甚大（例如石料），则需用多轮车。例如，明贺仲轼《冬官记事》所述：

“三殿中道阶级，大石长三丈、阔一丈、厚五尺。派顺天等八府民夫二万，造旱舡拽运（每里掘一井，以浇旱舡、资渴饮，计二十八日到京，官银之费总计银十一万两有余）。鼎建两宫大石……公用主事郭知易议，造十六轮大车，用骡一千八百头拽运。计二十二日到京。计费银七千两而缩。”

上述十六轮车，是轮数的最高纪录。

另外，还有滑动的方法。

明代修建故宫，最重的构件为保和殿后石陛，现存净尺寸为16.57×3.07×1.70，重量在200吨以上。又明昌平陵区嘉靖间置石人石马立卧象，石料体积也很庞大。这些重物的运输，传说利用冬季泼水成冰面，趁时加以拽运。减少重物和地面的接触来减少摩擦，以便拽运的一种办法是用橇木或“旱舡”。如前“石料开采”一节中所述的木橇即是。橇端上翘，可避免与地表不平处抵触而不能前进。

记载中还有利用秫秸滑动的特殊例子：

《金史》张仲彦传：“浮梁巨舰毕功将发，旁郡民曳之就水，仲彦召役夫数十人，沿地势顺下倾泻于河，取新秫秸密布于地，复以大木限其旁，凌晨，督众乘霜滑曳之，殊不劳力而致诸水。”

这是利用冰粒（霜）和秫秸二者摩擦小的特点来拽重物（指用于浮桥的大舟）的例子。

然而，远距离的运输，最经济有效的方法，是利用水运。除了木竹料可以自浮以外，其他则用船载或筏载。用水运当然受到河道流经地域的限制，然而，由于水运极其经济省力，只要有河道可利用，往往宁可迂道甚远也要利用水运。特别是古代，南北交通多集中于运河，大量的运输，是迂回千里经过运河由南方运至北方。此外，也有海运的方式。利用河道舟运大批重物（石料）的著名例子之一是北宋末年的“花石纲”一事。

在《营造法式》卷十六内，水运的功限也列入计项，考虑到顺流、逆流（泝流）和水速的不同，所定的功限而有差别：

“泝流拽船（用綷）每六十檐；顺流驾放每一百五十檐；右各一功”。

顺流载重量为泝流的两倍半时，功相等。由此可见二者用功的比率。又，

“诸河内系筏驾放牵拽般运竹木依下项：

慢水泝流（渭蔡河之类——原注）牵拽每七十三尺（如水浅每九十八尺——原注）；

顺流驾放（谓汴河之类——原注）每二百五十尺（绾系在内，若细碎及三十件以上者二百尺——原注）。

出漉每一百六十尺（其重物一件长三十尺以上者八十尺——原注）”（“出漉”似指挽物出水上岸）。

以上指的是自浮材料（竹木）在河道内运送时溯流牵挽和顺流驾放的功限，可见其用功比值。

自浮材料的运送量，历史上是非常巨大的。例如长江流域及福建山区，盛产杉木，是南方广大民间建筑的主要用材。它在长江流域的主要产地是贵州东部，湖南、江西诸省，每年沿清水江、湘江、赣江入洞庭、鄱阳两湖，泛长江而下安徽、江苏、浙江，并转而北上的杉木运量很大。唐宋时期，主要木材来自秦岭山区及岷山地区同岚诸州，沿渭河出潼关以达黄河下游乃至华北地区。这些竹木材料均采取结筏编排的方式，往往前后衔接，长达数里。我国大批筏运木材的历史悠久，从规模、组织、技术上，均有丰富的经验。

一般而言，中国古代建筑，遵循“就地取材”的原则，惟独宫廷建筑，则搜聚天下异材；所以宫廷用材，常是远距离输送的。以北宋时在东京（开封）修建著名的玉清昭应宫为例，可见其材料来源的范围：

“秦（天水）、陇（陇县）、岐（陕西凤翔）、同（大荔）之松；

岚（岢岚）、石（离石，在山西）、汾阴之柏；

潭（长沙）、衡（衡阳）、道（道县）、永（零陵）、鼎（常德）、吉（吉安）之梌，柟（同楠）、槠；

温（温州）、台（临海）、衢（衢县）、吉之梼；

永、澧（澧陵）、处（丽水）之槻、樟；

潭（长沙）、柳（柳州）、明（宁波）、越（绍兴）之杉；

郑（郑州）、淄（淄博）之青石；衡州（衡阳）之碧石；莱州（莱阳）之白石；绛州（新绛）之斑石；吴越之奇石；洛水之石卵；宜圣库之银朱；桂州（桂林）之丹砂；河南（洛阳）之赭土；衢州之朱土；梓、信（上饶）之石青、石绿；磁（河北磁县）、相（安阳）之黛；秦（天水）、阶（武都）之雌黄；广州之藤黄；孟泽之槐华；虢州之铅丹；信州之土黄；河南之胡粉；卫州（汲县）之白垩；郓州之蚌粉；兖（兖州）、泽（山西安泽）之墨；归（湖北秭归）、歙（安徽歙县）之漆；莱芜（在山东）、兴国（在江西）之铁。”

从上述可以对宋代宫廷营建的取材地理范围之广有一个大致的概念。明代营建，甚至城砖也由远距离运来，例如明南京筑城的砖，由湖南、湖北、安徽、江西、江苏五省供给；明北京筑城及陵工，多用临清（山东）砖；又如苏州陆墓所产“金砖”，也是每年定例烧造供应北京宫廷专用。这类砖料，也是用水道输送的。

再看起重技术的情况。

起重是指由地面向高处输送材料和构件。它是施工安装的一部份，是关键的一环。起重技术的水平，往往决定了建筑物的高度和结构方法。

直接用人力背负或担挑，沿梯或马道（斜坡道）至高处，这只是地表水平运输方式的延续。这种方法相当普遍，但需要有一条走道。

在单件重量不大时，可用抛掷的办法。如砖、瓦等，可以层层转递抛掷。徒手抛掷，高度有限；用弹力工具，即利用长柄的抛铲，则可增加输送高度。但它只限于单件重量和体积不大的情况。

其次，用绳索提挽，提重也有限。

欲起重较大较重的构件，则必须有专用的设备、工具。首先是杠杆，古代的“桔槔”或“秤”之类。原理很简单：重物近支点而力臂小，力点远支点而力臂大；这是古代至春秋时代就知道的事（《庄子》：“不见桔槔乎，引之则俯，舍之则仰”）。它的起吊高度甚有限，而且需要临时架设支点。

次为滑车（轮状）或辘轳（筒状）。单滑车可以改变用力方向，并且可以用多人和畜力参加。用滑轮组，可以大为减少劳力强度（总做功是相同的，但单位时间内的做功可以降低，即降低了劳动强度），辘轳加上绞盘长柄，它可以和滑车配套，形成有效的提升工具。

中国采用辘轳的历史很早（图14-4-1）。汉代明器陶井屋已有辘轳。陆翙《邺中记》记载石虎（季龙）用辘轳降凤诏；三国时，魏文帝命韦仲将题凌云台榜，用辘轳升韦仲将坐筐于高处（见王僧虔《名书录》及《宋书》卷四百六十二“方伎”）。可以推断，这种工具约出现于公元前后之际。如此，在中国出现佛塔时，带有沉重的金属构件的巨大刹杆的起吊就位就不成为难于克服的


图14-4-1 汉代画像砖所雕盐井用辘轳拓片

技术关键。

巨大的石材，金属构件，在建筑的高处就位是十分关键的技术问题。石陛、础石、石象生可以用斜面曳引，而巨大的华表石柱，石碑身置于碑座，园林中的巨大石峰，钟楼的巨钟，沉重的塔刹杆，城门的闸板，宫殿所用的最高和最大的木柱、大梁等等，均在千斤以上，需要有效的起重设备。实物遗存例如：

石碑——唐华阴华岳庙碑（开元碑）
明南京孝陵神功圣德碑（永乐碑）
唐正定清河郡王纪功碑
嵩山嵩阳观碑（开元碑）

铜钟——唐景龙钟（现存西安碑林）
明南京钟楼铜钟
明北京大钟寺铜钟，钟楼铜钟

木柱——明昌平长陵祾恩殿楠木金柱

又如记载的北魏永宁寺刹柱，唐武则天时建东都明堂中柱，都是尺度、重量惊人的构件。

宋曾公亮《武经总要》前集卷十二所载起吊城门闸板的绞盘，起重能力为二千斤。

宋代泉州开元寺塔所用巨大石料，也是需要高度起重技术的。

以上，是利用杠杆滑轮原理的起重工具。

还有，是利用水的浮力起重，见于宋代福建沿海所建的大量石梁桥。泉州洛阳桥的石梁据记载，利用海水潮汐的涨落，用船承石梁，趁涨潮时就位于桥墩上。著名的漳州虎渡桥，其最大石梁的尺度为 24×1.8×2.2 米，总重在二百吨左右，即四十万斤。这件石梁的升高就位的困难和所需的技术，是可想而知的。根据研究，它仍然是利用水的浮力起重。可以看到中国古代劳动人民的伟大智慧和高度技术水平。

第五节 脚手架

古代施工，主要是人的体力劳动。人体活动所能及的高度受到限制，超过一定高度（《营造法式》规定为七尺），不能不使用脚手架。脚手架可保证稳定和安全，这样，它就逐渐成为一种重要的专业工种。

中国古代木构建筑，木构架本身即可以部分地起脚手架的作用。例如，王嘉《拾遗记》卷四载："始皇起云明台，穷四方之珍木，搜天下之巧工……。二人腾虚缘木，挥斤斧于空中。子时起工，午时已毕，秦人谓之子午台。"

这是晋人的记述。"腾虚缘木"，似指高空攀援的技巧，也可解释为支架式木构本身。

较低的简单木构房舍，通常不需另设脚手架。例如敦煌 445 窟（唐）壁画所表现的用梯送人到梁架屋面高处，那可在上面施工操作。

又如敦煌 296 窟北周壁画中采画工作图所见，在高处刷饰时用高凳垫脚。样和高凳，也属脚手架的一种形式，《古今秘苑·续录》卷四"聚材第二"所说"凡有大营造者，高凳及长梯宜多做，并宜多备排版，以备水作砌高头用"，正是此意。

天水麦积山石窟的开凿在峭壁高处，用脚手架也非常困难。当时工人是用开栈道的技术在悬岩凿眼插梁取得立足点，逐步地前进。可以认为，栈道在施工时当作一种脚手架，竣工后则成为永久性通道。

三国时，魏文帝起凌云殿，使韦诞"悬凳书榜"的故事（见《晋书·王献之传》），王僧虔《名书录》说用辘轳升韦诞至高处；可能就是用一种临时支架来安置辘轳。

以上举了几种在高处（施工或操工起重）的方法，但我们还无法确切地了解古代高处施工的脚手架的具体技术情况。

脚手架是临时设施，事过境迁，早已了无遗存；不过石窟岩石和砖塔表面脚手眼的残存痕迹，可以推测其高度和规模及支栓横梁的间距和用料大小。

在宋《营造法式》中，没有关于脚手架的专节叙述。《营造法式》所记的主要是工和料；然而，脚手架的用工是当做辅助工计入各项工种施工项内，而脚手架所用材料属于固定资产性质，长期反复使用，因此不列入"料例"。这就证明，直到宋代，脚手架作为专业工种的地位还不突出。这和明清时代"搭材作"成为重要工种的情况很不相同。

然而《营造法式》还是涉及脚手架的一些情况，摘引说明如下：

（1）鹰架（见卷十二"竹作制度"）：

"造绾系鹰架竹芮索之制，每竹一条（竹径二寸五分至一寸）劈作一十一片，每片揭作二片，作五股辫之。每股用篾四条或三条（若纯青造，用青白篾各二条合青篾在外；如青白篾相间用青篾一条，白篾二条），造成广一寸五分，厚四分，每条长二百尺，临时量度所用长短截之。"

竹芮索用作稳定鹰架牵缆。所以，造时以二百尺为一件，表明这是常用尺度。其次，鹰架而牵缆固定，想见其为高而独立的结构物。

明代的脚手架也称为"鹰架"，见明贺仲轼所著《冬官记事》：

"一、三殿采浙直（如指南直隶，即以南京为中心的江南地区，采伐木材则主要指徽州地区）鹰架平头等木……，公（贺盛瑞）县题以银二万两发江南，而鹰平至。……"这类杉木主要用于脚手架，或者与鹰架用木同规格，故以"鹰架"名之。

（2）"棚阁"（见卷二十五"诸作功限二"泥作条）

"每方一丈（殿宇楼阁之类有转角、合角、托匙处，于本作每功上加五分功；高二丈以上，每一丈每一功各加一分二厘功，加至四丈至。供作并不加，即高不满七尺不须棚阁者，每功减三分功。贴补同）"。

这里说的是墙面粉刷时不同品类的灰泥所用的功，所加的功主要是"供作功"，即辅助功，包括材料（灰泥）的递送和脚手架(称为"棚阁")的功在内。

当"高不满七尺"时，由于"不须缚棚阁"，须按上列功限算出的每功减去三分功。可见，七尺至二丈这一高度范围只计本功（即上述列出的功限）。超过二丈以上，"每一丈每一功各加一分二厘功"，就包括"供作"和缚"棚阁"而增加的功二者在内。值得注意的是，增加计功的参数有两个：一是粉刷面积("每一丈")，一是基本用功量("每一功")。当每增高一丈已经按基数加工之外，何以又按面积再加呢？这是因为面积即表示"棚阁"的长度增加：同一高度不变而面积增加显然是长度方向，势不得不增添棚阁以解决之，也就不得不因面积之增多而增加计功。这种增加要求，在平地（"七尺以下"）是不存在的。

所谓"阁"，即是木搭高架；所谓"棚"，似即指高处的工作面。泥工墁圬，而辅助功则用泥桶、绳索运送和提升灰泥至脚手架上。粉刷照例由上而下，因此，还有一部分人随施工的进展而调整降低各工作面高度。这里，架子工是作为辅助工而工作的。

据《营造法式》所载，除上述泥作外，使用场

合还有：

（1）彩画作："华表柱并装染柱头鹤子日月版（须缚棚阁者减数五分之一）……一功"。

彩画、刷染是按长度计功的；华表柱并无长度规定，所谓"减数五分之一"，不知按何单位计数？可能华表柱刷染在地面加工，按"刷土朱通造一百二十五尺，绿笋通造一百尺"计功，然后竖柱，还需局部加染，此时若需用棚阁，即按"减数五分之一"计功。

（2）砖作："刷染砖甋基阶之类，每二百五十尺（须缚棚阁者减五分之一）一功"。

《营造法式》卷十九"大木作功限三"说"卓立搭架钉椽结裹又加二分（仓廒库屋功限及常行散屋功限准此。其卓立搭架等若楼阁五间三层以上者，自第二层平坐以上又加二分功）"。这里的"又加二分功"，指该项大木总功限为基数（十分）再加二分，卓立搭架显然指脚手架，用于出檐部分（檐椽及角梁，翌角椽）的施工，即清式的"齐檐架子"。一般建筑（仓廒库屋，常行散室）须"又加二分"；而"楼阁五间三层以上者"，则须加了之后"又加二分功"；显然是因为增加脚手架高度，相应也随之增加用功量。又说明脚手架的计功，是根据该工程的规模、用功量，用加成的办法估算。

关于脚手架的比较详尽的资料，当为清代以后。清代架子工种称为"搭材作"。搭材一词起于明代，有"搭材匠"。《明令典》所载嘉靖十年清查匠役，存留军民匠一万二千二百五十五名，其中，司设监和铖工局均留有"搭材匠"。

搭材作的范围很广，木工、起重、粉刷、石工、砖工、工棚（席屋）等临时施工设施均需用搭材工。"脚手架"一词原是许多架子中的一种"踩盘架子"的俗称，后来沿用为泛指各种架子的统称。

搭材作的结构要点：各种架子均为临时性质，均可拆卸迁移，所用材料均须重复使用。因此，它的各节点不用榫卯，不作永久性固定，而是采取绑扎的办法来构成脚手架。从前绑扎节点，用竹篾（对竹脚手而言）或麻绳（用于木脚手），事后往往砍断不堪再架。后来，增加用棕绳绑扎，耐久性较好；而节点用一端系有短棍的绳作扣结，拆去时松去扣结，绳仍完好可用。绳结也有多种位置和相应方法，以既能保证施工中节点坚牢，又便于施工后完整拆卸的原则。一般架子所用竹木料，不但不用榫卯，而且一般也不截锯去梢，这样可以使木料使用次数增加。以上特点和措施，都是基于脚手架本身的临时性质和尽可能延长材料使用时间，在实践中逐步发展形成的；这也就是脚手架技术的发展所依循的原则。

根据清初颁行的《工程做法》中有关部分，明清之际北方搭材作的大概情况如下：

（1）用于大木。一般为坐檐架子，其高相当于檐柱，不超过檐宇；主要作为外围砌墙瓦工用踩盘架子。

第二种为齐檐架子、踩盘架与屋檐对齐，可以上下屋顶；主要为修造屋顶瓦工施工所用。

第三种是"天秤"，这是利用杠杆原理的起重工具，用来架设屋架和檩条。因此，天秤的支架高度应超过脊檩位置（山尖）高度。

（2）用于粉刷裱糊油漆彩画。油漆彩画在屋顶铺瓦完毕之后，内外檐均须进行。外檐用坐檐架子，内檐由于须能达到天花板施工高处，而天花板是遍布室内的，因此，每一处都要求可以到达，每一处都须有架子，这样就做成"满堂红"架子。这种架子只负担人体重量，工具材料份量比较轻微，因此可以做得轻便简单一些，细而长的毛竹是适宜的材料。

墙面粉刷、裱糊的架子如同瓦工砌墙所用，但是，八尺以下不用架子。

（3）用于瓦顶的架子。主要是安装正吻用，称吻架。屋面铺瓦时，由于屋面举势陡峻，无法站立，还须由脊部挂下软梯，作为铺瓦工作时走动运料之用。

（4）用于运输的坡道，也称"马道"。搭材作称之为"搭戗桥"。主要是运送大量砖瓦灰泥材料以及较重构件，不能垂直搬运而须多人抬运时用之。一般坡道的斜率为1∶2。坡道可以利用一般架子布置作用支架，但是由于坡道处质量集中，因此，立柱密度应较大，承重横梁应较粗。

（5）用于砌筑砖石拱券用的"券洞架子"。例如石桥券、砖石墓的穹窿顶，均须有横架才能施工。由于这种架子须承受较大重载，因此，架子所用木材和密度均较一般提高。在干涸河道上修桥，可以在河床上直接立柱（或加枕木）；在河流常年不断时，只有枯水季节利用跨在桥墩上的密排梁木作的券架支承。券面的弧度是拱券力学性能的关键，因此支立券模，必须有准确的测量决定几何形体。横架弧顶矢高，应比计算矢高略为提高，称"提升"，这是因为估计到横架受到砖石材料重要之后，必有一定变形，预为留量。拱券上石料重量有时甚大（如坟顶石），可达万余斤，须用五百人力秤起合榫（见《冬官纪事》），故模架必须坚固。只有当撞券面或坟顶石合榫后，拱券自重开始由自身承载并由拱脚传之于地基；这时，横架始卸去负担，可以拆走。因此，搭材作中，最为困难复杂的当属券洞架子，须有木工测量定位，进行放样，和搭材工配合进行工作。

在《营造法式》中，凉棚属于"竹作"（卷二十六"诸作料例"——"竹作"条）。古代，临时设置的房屋，如在郊外进行祭祀活动用的席殿、席屋，其建造要求也是简易便于拆卸，因此，也属于搭材工的任务。类似的如施工时临时食宿用的工棚，遮阳用的凉棚，本来也属于搭材作，到了清代，扎彩（喜庆扎彩牌楼之类）、凉棚另立分立，但是二者实本出一源，技术有互通之处。

南方称架子为"鹰架"，"脚手架"，或即称"架子"。南北搭材工并无原则不同，只不过名称说法不一样，例如北方为"立柱"，南方称"冲天"（苏州地区）；北方为"踩盘"，南方称"排杉"（脚手板），等等。南方的特色是大量使用竹脚手架。毛竹径约10厘米或稍大（尾径），长可达15米以上，坚韧挺直，且又轻盈（中空），实为理想的脚手架材料。唯一缺点是长久曝晒干缩会引起破裂。青竹、嫩竹尤易开裂，绝不可用。老竹用过三次（每次三个月左右），即须废弃。但是，竹料裂后，尚可加工用来作排杉、竹篾及竹器，并非废物。竹结构柔韧有弹性，易变形，特别过高时挠度大。因此，立柱的间距比杉木架为密，而且在立柱旁并列"顶撑"以承托水平横杆。顶撑高度减短，挠度亦即较小，直接传递横杆荷载到地面。此外，整个脚手架的斜撑和牵缆，都应更为加强，以保证刚性和稳定。在一般施工情况下，如砌墙、粉刷、修理工程，竹脚手架是完全胜任的；只有特别重大的构件起吊安装时，才不宜使用。竹脚手架盛行于南方。

从各种工程看来，筑塔所用脚手架比较特殊。它所达到的高度最高，需起吊的构件甚重（刹杆及金属附件）。高则风力甚大，不易稳定。因此筑塔所用脚手架是要求较高、技术较复杂的一种。

姚承祖《营造法源》所载"筑塔搭架子"（第十六章"杂俎"）一段，所引资料大约为清代重修苏州双塔的记录。以每面为一单元，则分内外两排冲天（立柱），每排三柱。最大为围径（圆料量周长，距根部五尺处起围）二尺八寸和二尺四寸木料，以上按木用一尺八寸及一尺六寸料。脚手架围塔成井状，由塔门处伸出横楞与塔身相联系，这是修理用架子；如为所建，砌筑过程不同，所用脚手架可与塔身直接联系。现在留下的古塔上身常可见脚手架所遗孔眼，实际上，并不是使用单面脚手所致，而是这种依附塔身，增加脚手架刚度联系用楞木所致。由于塔身甚高，塔身用脚手架无法用戗柱，但仍须用牵缆。但是，如架子附有起重物用的桅杆柱，则桅柱以应能直接贯通传递重量于地面为原则，桅杆也应另设牵缆固定之。

搭材工的工作所使用工具很简单，完全凭借经验来选择材料，决定间距（如凭借目测来使立柱垂直、横杆水平等），其间有许多灵活巧妙的方法。在许多古代伟大工程中，虽然没有留下搭材工的名字和事迹，但是他们的功绩是不可磨灭的。

对于华表、旗杆一类建筑物，所用的架子称"菱花架子"，由三面围成，底面为正三角形。这是独立脚手架中最为简单的一种。它的稳定使用牵缆。

第六节　施工检验与校正

一切劳动产物，都表现为质量和数量两个方面。二者均应重视而以质量居先，不合乎质量要求的数量是没有意义的。因此，施工检验主要是质量的检验。

在古代体力劳动为主的条件下，在剥削阶级那里，总是以增加劳动强度来达到自己的数量和质量要求。所以，在分析古代社会的劳动质量数量检验问题时，应看到其中包含的阶级对立和压迫的性质。

检验质量，有相应的手段方法，例如“擿”即检验夯土的方法。各种工种，都形成自己一套特殊的检验制度规范。撇开质量标准的社会因素一面，那么它也有对客观事物的质与量关系的认识问题。科学的检验方法，是从长期实践中得来，又随生产技术的进步而发展。

数量方面，通常表现为劳动定额——一个劳动日（功）内所应完成的计量单位（件数、长度、厚度、面积、质量之类）。本节所述主要不是数量而是质量方面的情况。

一　夯　土

计版擿坚的检验方法，在战国时已经普遍通行。土壤颗粒之间，是有空隙的（特别是黄土流域的大孔形土），施加外力冲击，改变土壤结构，使土壤空隙率减低，就提高了它的强度，因而产生了夯土技术。人的体力有大致限度，夯力的大小常由夯具（杵、椎）的端面积来决定：夯头面积小，土层单位面积上所受的冲击力则大。

古代夯头的面积是很小的，根据商代郑州城夯土遗址所见，直径在5厘米左右。这是单人操作的工具。下至战国、秦汉，大约仿此。用椎击方法（“擿坚”）来检验，显然所用椎端直径应该更小，甚或成尖锥形，不免需用金属制成。

夯土常用于基础。即使在高台城垣处，表层硬度并不能代表里层硬度。因此，它不在峻工以后检查，而必须在夯筑过程中随时检验。用椎击方法最有名的例子，是公元五世纪初十六国时期赫连勃勃（407—425年）的夏国筑统万城（在今内蒙古自治区乌审旗）一役（412年）。负责监督工程人是比干阿利，史书称其蒸土筑城。检验时，椎土一寸则杀筑者（硬度不够），不足一寸则杀椎者（不用力擿击）；用了非常残忍的手段。统万城夯土城垣迄今仍然坚固挺拔，雄伟壮观。

沈括《梦溪笔谈》称云：“延州故丰林县城，赫连勃勃所筑，至今谓之赫连城。紧密如石，斸之皆火出”。夯土达到岩石的硬度，可以想见当时奴役劳动之严酷程度。

后来采用了落锤法，即从一定高度落下重锤来测试夯土的硬度，是擿击法的演进。这时，由于重锤是自由落体，与人力无关，冲击量可以认为是恒量，这就提供了一种“标准力”，测试也就比较合理，也是测试技术的进步表现。

另外一种夯土测试法，特别对于例如拌有碎砖瓦的三合土，不能用锥击方法检验（锥逢砖不能入）时，则采取观测每一夯层来夯前虚铺土与夯实后坚土的体积比例或厚度的差数来鉴定其质量。这也是一种经验方法，不甚严密，但不失为一种简易方法。

《九章算术》卷五有这样的命题：

“今有穿地积一万尺（立方，下同），问，为坚，壤各几何？答曰：为坚七千五百尺，为壤一万二千五百尺。术曰：穿地（取原土的土方量）；为壤五（谓“息土”，即掘出变成松土的土方量）；为坚三（谓“筑土”，即夯实后的土方量）；为墟四（谓“穿坑”，原来取土成坑的体积）”。

上述原土（也即穿坑的体积）、息土、筑土三者的体积比例是：4:5:3，这大约就是当时（汉代）经验数字。

在一定夯土面积范围内，体积比例可以简化为用厚度的比例或差数表示。这种检验方法以后通行，直到清代《工程做法》。

《营造法式》的规定是：

“每布土厚五寸，筑实厚三寸；每布碎砖瓦及石扎等厚三寸，筑实厚一寸五分”。

其比例，土为60%，碎砖石渣为50%。这里要指明，此处土与碎砖石渣相间使用；碎砖石渣的落实尺度，应包含下层夯土进一步夯实产生的陷落尺度。否则，碎砖瓦渣受夯实度比率大于土，是不大可能的。

清工部《工程做法》的规定是：

灰土（掺石灰四六比，二八比之类）为：七寸夯至五寸，约为70%；

素土（不掺石灰）为：一尺落实为七寸，仍为70%。

以上分析了关于夯土硬度检验方法的历史发展。还应注意，不同建筑部位所要求夯土硬度应有不同。例如一般地面与柱砖墙基之下应不同；陵工、桥基、码头应与一般建筑不同之类。投入的材料和劳动量不同，因之，质量要求亦有不同。

关于土工检验，还有一种由成色来判定材料质量的方法，这就是全凭经验来判断，例如：

“筑京城用石灰秫粥锢其外。上（指明太祖）时出阅视。监掌者以丈尺分治。上任意指一处击视，皆纯白色，或稍杂泥壤，即筑筑者（工匠）于垣中。”（见《凤凰台记事》）

综合起来，以夯土一项而言，即有椎击（硬度）、落实度、成色等几种检验办法，又各有其要求的标准和采用的工具方法，这些方法及其经验数字，都是长期工程实践中总结得来的。

二　大　木

大木每道工序也必须检验，如有误差，即刻校正。否则，下一步工序不能进行，竣工以后再加纠正已极为困难或竟不可能。这样，检验就和校正结合起来进行了。

大木的各构件，是依据设计尺度预先加工成型，并留榫开卯，也考虑了构件的拼合组装。因此，这时的检验着重于各构件组装的精密准确，符合结构稳定的要求。

一般说来，大木施工有如下检验步骤：

（1）柱础顶面位置的水平——用“真尺”校正。

（2）根据预定开间进深尺寸，落墨于柱顶石之上。应注意，外檐有侧脚，应展出侧脚尺寸，根据计算获得柱网尺寸，事先刻画在长尺——“丈竿”或“丈尺”之上，用来作现场校正。负责这一步骤检验和校正工作的，称为“掌尺”。在宋代以前，执行这一职务的，是“都料匠”。

（3）立柱，同时架设枋（额枋、穿插枋之类）、梁（“乳栿”、“抱头梁”之类）。柱脚下开有撬眼，用来拨正柱脚位置，使柱身中线（两个方向）与柱础上柱缝落墨吻合。这种撬眼，在明清以后被柱身油活掩蔽；但在不加表层时，明显可见，如明长陵棱恩殿所见。撬棍是利用杠杆原理的移重工具，常见用于石工中移动大石条就位的微小调整，也用于特别硕重的巨大木料的就位调整。如有偏角，用绑在柱身的木棍来扭转。

（4）架设梁、檩。梁的位置，是由柱头榫与梁底卯口吻合而定位的。架设时应根据垂线对中校正误差。

在同一步各檩的位置，应保证在同一水平直线上；它的位置由两端引绳校正。屋面在宋代以前有生起，是由檩端的生头木所决定。

在架设中，施工误差是难免的。梁柱不合榫的情况也可能产生，而需要临时加工，使之与校正线吻合，或者当场加以拨正。著名的一例，是清初雷发达在重建太和殿举行上梁大典时，发现榫卯不合，由于技巧的熟练，使梁柱校正，榫卯得与吻合。

（5）椽。椽的排列，一要均匀，二要相互平行而又垂直于檩（以脊檩、檐檩为准），三要檐口整齐。包括：檐口到屋角起翘的过渡均匀自然。檐的高度划一[前檐与后檐，如为四阿（庑殿）或夏两头（歇山）时，四周檐高一致]。

均匀，即椽档相等。一般，椽由中线（明间正中）向两边匀分。

平行并垂直于脊檩，应由脊檩用绳引至檐，并用曲尺与脊垂直来校正。

檐口两端应挂线，保证出檐整齐。

檐口高度，应用长杆（上有刻记）校正（杆身应垂直地面，或直接用垂绳上的长度记号校正）。

在多层檐时（例如木塔或砖身木檐塔）各檐角（角梁端）在高度方向亦用绳校正。例如方形塔的角梁，应在通过分角线的垂直面内。

这一部分校正工作，虽然对结构大局的影响较小，但对于外观轮廓的整齐影响至大。檩的断面有变化（甚或用未加修整的原木或本身略有弯曲），难免檐口形成高低起伏，就必须用绳校正。使出檐椽头划一整齐。这时，可能需要局部加工（调整椽尾高低，加垫片或斫削椽尾）。

飞椽头上的里口木，连檐等，也要用绳引直使檐口瓦头的位置整齐有序。

椽的定位校正，最重要的当属檐椽，但露明梁架以上各步椽的整齐均匀也应重视。

三　瓦

瓦的检验有两方面：一是行列整齐，二是合缝严密。

铺瓦由下而上，它的间距由里口木（莺颔或牙子版）决定，剩下的问题是保证这个间距并垂直于正脊，这应由垂绳（至檐口）来定位。在整个铺瓦过程，用绳校正，或用较短的木卡尺校正。

铺瓦最忌有敞缝（“喝风”），引起雨水溅入

或倒灌（逆风时）渗漏导致底层木材朽坏。屋面举折（举架）形成了反曲面，有助于避免敞缝，但是施工质量也非常重要。要求垫灰饱满，抿缝严密。

瓦缝严密，也是防止生长瓦松和杂草的重要措施。瓦松根部深入瓦泥（"苫背"，"泥栈"），使叠瓦松动，并形成渗水通道，不可不除。唐段成式《酉阳杂俎》有条记载：

"大历中（767—779年）修含元殿。有一人投状请瓦，且言：瓦工唯我所能，祖父已尝瓦此殿矣。众工不服。因曰：若有能瓦毕不生瓦松众方服焉。又有李阿黑者亦能治屋，布瓦如齿，间不通綎，亦无瓦松。"

铺瓦至于不生瓦松，确实不易。因为晚至明清，用琉璃瓦屋面，油灰勾缝，工细如故宫各殿，尚且不免生长瓦松，其难可知。

四　地面和阶沿

地面和阶沿，指的是地表层的铺面和夯土台基外缘的包镶，一般用的是砖石材料。在这里，材料的性能和力学稳定不存在严重问题，检验的要点在于它们的几何形体和位置。

室内的地面并非完全水平面。《营造法式》卷十五"砖作制度"内"铺地面"条云："铺砌殿堂等地面……每柱心内方一丈者令当心高二分，方三丈者高三分（如厅堂廊舍等亦可以两椽为计）。"这里指的是四柱之间为一单元，不是以整个室内面积计算。这一措施的用意是：预计磨损——柱间位置的地面受磨损较多；纠正视差，微凸的表面感觉才是平的。

室外柱脚至阶沿也是斜的。同见上条："柱外阶广五尺以下者，每一尺令自柱心起至阶龈垂二分（坡水2％）；广六尺以上者垂三分。"

柱外至阶沿的坡势是为排水用，雨后不致积存。在施工中定出水平之后，再定高起或垂下的尺寸，依此引绳，作为铺砌地面、阶沿的标准。这就需要用准绳进行检验校正。

室外大面积铺地，例如故宫的广廷，当然更需预留排水坡，控制大面积的坡面走向，要用水平定平，用桩来校记各控制点的高度，进行土方（挖方或填方）工程，作为铺面基底。土方工程进行前后，均需用水平和标竿（度杆）进行检验和校正。

关于道路表面、平面或弧面（称为"虹面"，也称"龟背"），《营造法式》卷十五"砖作制度""露道"条云："砌露道之制，长广量地取宜两边各侧砌双线道，其内平铺砌，或侧砖虹面垒砌，两边各侧砌四砖为线。"

道路的走向、纵坡、断面弧度，都需要用水平校正，引绳施工。明清故宫从正阳门里至太和殿，中轴路面全用巨石铺砌（最早的实物是南京明故宫御道）。石料本身作成"虹面"，这是制作时已斫就，施工只需引绳并注意纵坡。

以上举了几种工种的检验校正的例子。实际上，每一工序均有自己的规范制度，例如小木作、窑作、竹作等，均须经过检验。这些手续形成制度规范，古代即称为"格"和"式"，带有制度、样板、规范等含义。《营造法式》的"式"一词，即由此而来。

第七节　维修与利废

我国古代十分重视建筑的维修与利废。这是保证延长建筑寿命、节约材料的良好传统。

各个工种都有维修的要求。如：瓦屋面的补漏、换损、除草；砖石工程的补缺、拔树、抿缝；土工，重点在防止雨水冲蚀。例如，宋代各城置有专管修补城垣的厢军，称作"牢城"或"壮城"。又如，元大都城为夯土筑城，城墙表面被以苇衣以蔽雨雪；这种苇衣织成帘箔状，挂附在埋于城垣的木橛上，每年抽换一部分损坏者，成为驻守大都的兵卒例行任务。

明代也规定维修城垣（砖面）的制度。如《明会典》载："凡京师城垣，洪武二十六年定：皇城，京城墙垣，遇有损坏，即使丈量明白，见数计料，所有砖灰，行下聚宝山黑窑等处关支；其合用人工，咨呈都府行移留守王卫差拨军士修理。若在外藩镇府州城隍，但有损坏，关于紧要去处者，随即度量彼处军民工料多少，入奏修理。"

木结构的维修加固工作尤为重要。因为木构是建筑的主体，但容易因为风力、地震、虫害、雨雪浸湿朽坏而变形、倾斜、拔榫或折裂等。

历史上有许多巧匠，以修理建筑著称。《唐国史补》记载："苏州重元寺阁一角忽垫，计其扶荐（举高）之功，当用钱数千贯。有游僧曰：不足劳人，请一夫斫木为楔可以正也。寺主从之。僧每食毕辄持楔数十，执柯登阁敲椓其间。未逾月，阁柱悉正。"

楔，利用劈的力学原理，是斜面的一种；入力微，而可以起重甚大。这是利用楔来逐步纠正沉陷的构件，最后达到纠正全体构架。上例无名氏巧匠的杰出工作，大约属于拔笋走形一类情况的修整。

又如，《宋史》卷四六二"方伎传"所载僧怀丙之事："怀丙，真定人，巧思出天性，非学能至。真定构木为浮图十三级，势尨孤绝。既久而中级大柱坏，欲西北倾，他匠莫能为。怀丙度短长，别作柱，命众工维而止。已而却众工，以一介自从，闭户良久易柱下，不闻斧凿声。"

这一段记述的是换柱。可能也是用楔举高托梁抽换大柱。怀丙的其他功绩之一，是修正了已损坏欹倒的著名的赵州大石桥。他不愧为历史上著名的巧匠，而他的贡献，不在创新却在修理。

关于大木结构的维修代换，《营造法式》列有专节谈到此事。卷十九的"拆修挑拔舍屋功限"和"荐拔抽换柱栿等功限"几条即是：

"拆修挑拔舍屋功限（飞檐同）；
拆修铺作舍屋每一椽；
槫檩衮转脱落全拆重修一功二分；
揭箔番修挑拔柱木修整檐宇八分功；
连瓦挑拔推荐柱木七分功；
重别结裹飞檐每一丈四分功。"

以上，第一条是拆修至槫檩止；第二条是揭瓦翻修至苇箔（或柴栈）止，包括整理校正柱木，平正屋檐；第三条是不揭瓦而校正柱木；第四条是修理校正飞檐（按长度计功）。此处所列为修理用的"功"。抽换木料，应另计料（如重新斫造，当加造作功）。惟计功单位为"每一椽"如何理解？除最后一条按修理长度计，其余应按面积计，即间宽与架数的乘积。一般架按椽计（谓四椽、六椽、八椽之类）；所以，估计应是按一间一椽为单位所计的"功限"（即定额）。

关于"荐拔抽换柱栿等功限"，《营造法式》写到：

"荐拔抽换殿宇楼阁等柱栿之类每一条
殿宇楼阁
平柱
有副阶者……一十功；
无副阶者……六功；
副阶平柱……四功；
角柱比平柱每一功加五分功。
明栿
六架椽八功；
四架椽六功；
三架椽五功；
两下栿四功；
牵六分功；
椽每一十条一功；
枓口跳以下六架椽以上舍屋（略）；
单枓只替以下四架椽以上舍屋（略）"。

这一段所规定的是抽换构件的功限，按每件构件抽换时的难易程度来计功。椽按每十件计（指檐椽，上、中架的每功椽数比檐椽加二分之一）。所谓荐拔抽换，对于柱（平柱、角柱、副阶平柱、副阶角柱）、架栿（明栿、草栿）等，是当其上有屋面荷载情况下抽换，即"托梁换柱"，需要若干辅助劳动。但是，所定功限并不高（每柱不过十功），足见这类工作有一套成熟的方法，而且不是罕遇难得的工程。

从以上《唐国史补》所记苏州重元寺阁一例到《营造法式》的记载，可以看到唐宋时代大木维修更新代换的梗概情况。

明清以来，用拼合木料（"拼帮"）较为普遍，大木构件加有铁箍和地仗。这样，用拼接方法修补大木就很方便。柱的损坏，往往多在檐柱受雨雪的柱脚处腐朽，可以截去朽料，换一段好料，称作"墩接"。有时，用石料代替进行墩接，这一种方法为南方民间常见，而最为普遍修理抽换的，主要是屋顶望板和椽、檐；尤其檐椽，所谓"出檐椽头先朽"，更是常修部分。

我们至今能看到保存数百年乃至千年以上的古代木构建筑，应当归功于历代劳动人民不断地进行维修的结果。凡是保存至今的古建筑，没有不经过修理和抽换构件的。甚至进行过若干次落架大修。古代劳动人民所积累的宝贵的维修经验，仍然可作为今天我们进行古建维修工作的借鉴。

古代历来重视节约用料，《营造法式》卷十二"锯作制度"云：

"用材植"

用材植之制：凡材植须先将大方木可以入长大料者盘截解割，次将不可以充极长极广用者，量度合用名件亦先从名件就长或就广解割。

"抨墨"

抨绳墨之制：凡大材植须合大面至下，然后垂绳取正抨墨，其材植广而薄者先自侧面抨墨，务在就材充用，勿余将可以充长大用者截割为细小名件。

若所造之物，或斜、或讹、或尖者，并结角交解（谓如飞子或颠倒交斜解割，可以两就长用之类）。

"就余材"

就余材之制："凡用木植内如有余材可以别用或作版者，其外面多有璺裂，须审视名件之长广量度，就璺解割；或可以常璺用者，即留余材于心内，就其厚别用或作版，勿令失料（如璺裂深或不可就者，解作膘版）。"

第一段，是讲用料原则为材尽其用；第二段，讲下墨线（截割时的依据，称为"下料"）的方法如何达到省料；第三段是讲木植（原木料、毛料）有裂缝时，轻微者带缝用（缝在心内，勿近边），或作板（板不是承重件，且常拼合使用，有缝无妨），裂缝深时，截锯作窄狭板料。

古代匠师，有许多合理使用木料的经验。上述宋代规定的制度，也反映了一部分这些经验。

宋代的官设机构中，将作监下设有"退材场"，据《宋史》职官志所载，其任务为："退材场掌受京城内外退弃材物，抡其长短有差；其曲直中度者以给营造，余备薪爨。"

废弃材料集中于退林场，尽量拣选尚堪使用（曲直中度）部分，供营选用；确不可用的，供作炊事用柴薪。为这件事专设机构，足见其重视程度。

民间修造的省料经验，如《古今秘苑》所记，碎料可作木楔（斧头口）和木橛之用，为施工过程和木构榫卯间经常所需，应预为收集贮存备用等等。

不但碎木料有用，碎砖瓦片亦有用途。凡衬填、铺地（如园林中用碎瓦铺地，花纹甚多，如《园冶》所记）及夯筑三合土地基，用量甚大。

总之，物尽其用，废料不废，是我国由来已久的节约办法。

参 考 文 献

［1］《古今图书集成・考工典》考工总部，艺文。
［2］《太平御览》卷七十六。
［3］见沈括《梦溪笔谈》卷二十五。

第十五章 建筑著作和匠师

概 说

中国有近四千年有文字可考的历史，古代留下了浩瀚如海的文献资料。其中也留下一些建筑方面的著作，这是研究中国古代建筑技术的宝贵资料。这些著作按其性质大致可分为以下几类：

（1）官书：由当时政府所制定的关于建筑的制度、技术、劳动定额和材料定额等一类规章、法令、原则性质的书籍。列入这一项中最早的是汉代所发现的《考工记》，其中“匠人”篇有涉及城市、道路和建筑尺度的简短论述，它反映了中国最早的城市规划思想。

往后，我们从各代史书的《礼志》中看到一些关于祭祀建筑（太庙、明堂等）的规定。唐代起有“营缮令”，宋、明也颁布过。它们规定官吏和庶民住宅形制的等级制度之类，很有技术方面的内容。

宋代李诫编撰的《营造法式》则是关于当时宫廷、官府建筑的技术、材料、劳动日定额等方面比较完整的法规性文献。今天这部著作，日益引起世界学者们的研究兴趣，它的重要性是不言而喻的。

元代的《经世大典》，是一部类书，其中“工典”一项，下分二十二种工种，而与建筑有关的即占一半以上。这部著作收入明代的《永乐大典》内，分属在各韵目内。英勇的义和团反对帝国主义侵略的正义战争失败以后，一九〇〇年，帝国主义军队侵占北京，野蛮地烧毁了《永乐大典》，这是文化史上一次浩劫，造成无可弥补的损失。《经世大典》只有关于“毡罽”、“驿站”、“仓库”、“画塑”等少数片断得以残存。

元代和宋代一样，是中国技术著作比较发展的重要时期，且有承先启后的意义，仍待发掘研究。明代的制度，多数纳入《明会典》中。另有一些公文程式的规章，如《工部厂库须知》，但没有能和《营造法式》相比的技术性著作。

清代曾颁布工部《工程做法》以及由内务府系统（包括圆明园总管所辖）编定的若干《匠作则例》，内容主要为各式建筑中各工种的用料用工规定。它们不是以技术为目的的著作，但是，毕竟为研究清式建筑技术提供了丰富的资料。

此外，不是专门的建筑著作，而其中包含有建筑内容的，今天还可见到的有《唐六典》、《唐律疏议》等，以及《会要》一类著作，它们一般地记载了城市制度、宫室、陵墓等形制的情况。

（2）民间著作：所谓“民间”是相对于“官府”而言。包括匠师、文士所写的关于建筑、园林和居室住宅等方面的著作。我们应特别提出北宋初著名木工喻皓的《木经》。这是一部真正的建筑技术专著。《木经》直到北宋末年尚存。欧阳修的《归田录》指出喻皓著《木经》三卷，沈括的《梦溪笔谈》摘引了《木经》的片断，李荐的《洛阳名园记》提到房舍以《木经》为法。足以证明《木经》在当时的权威地位。但是，估计《木经》从北宋初喻皓著书之后，继续有人加以补充改定以适应新的发展，所以沈括只说“或云喻皓所撰”，并说“近岁土木之工，益为严善，旧《木经》多不用”，也表明了早期《木经》之不适应时代发展的一面，这是比较合乎实际的，因为宋代本是一个建筑从技术到风格急遽变化的时期。

据沈括所引《木经》，在分析台阶的峻、平、慢三个等级时，指出三者的分界，在于荷辇人（抬轿者）前竿和后竿荷重姿势的不同，即：“前竿垂尽臂，后竿展尽臂为峻道；前竿平时，后竿平肩为慢道，前竿垂手，后竿平肩为平道”。峻、平、慢三者，取决于人体尺度、荷辇姿势，而这正是建筑设计以人的活动作为基本尺度的原则。这是科学的、合理的设计方法，可惜，我们所能知道的，也仅止此而已。《木经》虽已失传，但它所迸发的光辉，令人敬仰。欧阳修称喻皓为“国朝（宋朝）以来，木工一人而已”。其后明代的《鲁班经》，也是重要的民间建筑著作，给我们不少线索和启发，但是，糟粕甚多，需要有剔除和分析的工作，还有待深入研究。同时还应看到，可能还有一些记录民间技术的手抄本散在各地，需要继续加以搜集整理。

此外，还有由封建文人写的如《洛阳名园记》、《吴兴名园记》、《长物志》、《园冶》、《工段营造录》（属《扬州画舫录》之一卷）、《古今秘苑》一类记述园林、住宅和技术方法等的书籍。他们也提出了一些住宅园林在设计处理方面的一些看法或抄录有关技术资料，有些不失为深入实际而得到的真知灼见，有些仅止是一般描述，但我们也不忽视它们所提供的史料价值。

（3）间接资料：许多著作，本意不是为建筑而写，但或多或少提供了建筑形制、技术水平、重要建筑活动和人物事迹，以及与建筑有关的社会历史背景材料的著作，实在很广泛、很丰富。

其中，描述城市面貌的例如成书于晋代的《三辅黄图》，南北朝时期的《洛阳伽兰记》、《水经注》中的若干部分，唐代的《两京记》（书述著，西京记尚存残段，东京记可能部分收入《元河南志》）、《寺塔记》（收入段成式《酉阳杂俎》续集内）、《东京梦华录》、《梦梁录》、《都城纪胜》等，以及元明清时期的《宛署杂记》、《春明梦余录》、《帝京景物略》等一类书籍。

还有大量地方志中所保存的丰富史料，以及佛教、道教系统所编著的寺志、道观志等等。这一部分史料，迄今还未能充分地加以发掘整理。

再就是大量笔记、游记等当中提供的史料。虽然属于一鳞半爪，但是确实可以大为丰富我们的认识。这一部分史料，大部分是宋代以后的著作，数量甚多。例如沈括的《梦溪笔谈》、陆游的《入蜀记》、范成大的《揽辔录》、庄季裕的《鸡肋篇》、邱处机的《长春真人西游记》、顾炎武的《天下郡国利病书》、《日知录》、《历代帝王宅京记》等等，或见风土人情、城市面貌，或写山川险阻、军事冲要，或描述各地、各民族的生活习俗，均含有大量的建筑史料。

此外，还有不少军事、水利、数学、生产技术方面的著作，其中提供军事防御工程、土木技术、测量计算和砖瓦材料生产技术等史料。从《墨子》（战国）开始，到《太白阴经》（唐）、《武经总要》（宋）、《九章算术》、《数书九章》、《天工开物》、《河防通议》、《武备志》等等，都含有相当有价值的内容。

我国古代的陵墓、寺庙、塔、桥梁、石窟、河道、堤坝、园林、城垣等等以及许多会馆、学校、祠堂之类，常有碑刻题记，保存大量工程技术、经济、社会时代背景方面的资料，有的且刻绘了城市、河道、建筑群的平面图形（例如著名的“平江图”碑刻），提供直接的感性材料，许多古代工匠的名字，籍以保存流传至今。而且还提供关于地震、风力、水文等自然灾害等方面的资料。

从中国古代建筑技术的文献资料来看技术著作，或者涉及科学技术的记述，多是产生于生产力发展较快的历史阶段。例如战国至西汉，隋唐至北宋这两段，史料中不乏生动的工程技术、工程经济方面的记载。特别是北宋，技术著作如雨后春笋一样涌现。不仅涉及建筑，而且涉及军事、兵器、筑城、河防、天文观测等方面。北宋以后，由于印刷术的发明，对于古代科学文化的发展也有明显的影响。北宋是我国科学技术繁荣的时期，这一阶段产生了两部建筑方面的巨著：《木经》和《营造法式》（有人称之为“《李诫木经》”）。

在本章所评述的五部建筑方面的著作——《考工记》、《营造法式》、《鲁班经》、《工程做法》、《园冶》，各有自己的时代背景和用途目的。它们达到的深度并不一致，而且往往只是从某个侧面反映当时丰富的建筑实践，它们有成就，也有局限，我们应取分析的态度，认识和吸取其中的科学精华。

如同其它各种领域的活动一样，在中国古代建筑的丰富实践中，也产生自己的杰出代表。他们的活动和成就，在一定程度上反映了一个时期建筑方面所达到的水平。

在古代的封建正统史学那里，工匠被认作是贱技末流。即如颇具眼光的司马迁，能为“游侠”、“滑稽”写列传，但没有为科学技术、工程家们单辟一栏。《南史》、《宋史》开辟“方伎”、“艺术”，然而《宋史》方伎列入僧怀丙，而不见喻皓。象李春这样的大匠，只在唐人张嘉贞的碑记中留了一个名字，生卒年月、事迹生平，再无一字道及。古代工匠，绝大多数是埋没姓名的无名英雄，少数野史，偶尔留下一些人物事迹。是否名实相符，还是大可怀疑。如鲁班、王尔，自古并称，然而王尔事迹，杳不可寻，鲁班（即公输般）却成为神话式的人物，大量的附会想象，篡改了他的真实面貌。

本章所取，称为“匠师”，而实际已越出这一范围，也包括一些接触工役，或有著述，或主持规划而有所建树的工官和文人。有一些工官，即是以技术娴熟的匠师充任。汉长安的规划主持人阳成延，出身军匠，充任将作大匠，是较早一例，元、明、清三代工官，多由工匠充任，这种现象尤为普遍。

还有，如古代世界上最伟大的城市——隋大兴城的规划者宇文恺，出身贵族，以官职监督宗庙、都城、漕渠、驿道等工程，是一位富有实践经验的人物。中国古代又一伟大都城——元大都的规划者刘秉忠，则以宰相地位主持大计，这和工官出身又有所不同。编著《营造法式》的李诫，他的成就和自己的努力于工程技术是分不开的。

所谓“匠师”，实际是“都料”一级的工匠，他们不只是由于施工操作技能的优异，而主要在于掌握了材料、计算、测量校正、作图放样等全局性、关键性的知识技能。他们是工匠中的领导人物，有丰富的经验和较高的社会地位，得以在历史上留名的，主要出于这一阶层，如喻皓，就是木工的优秀代表人物。

怀丙和计成比较特殊，一是僧人，一是依附达官豪客、以园林技艺为业的文人，既非匠师，亦非工官，但是他们在自己的实践中都在某些方面作出了贡献。

第一节 《考工记·匠人》评述

《考工记》是我国古代流传下来最早的一部记述奴隶社会官府手工业生产各工种的制造工艺和质量规格的官书。成书年代大约在春秋末、战国初的时期，由齐国人编写的。书中记录了有关“攻木之工”、“攻金之工”、“攻皮之工”和“设色”（彩绘染色）之工、“刮摩”（雕刻琢磨）之工、“搏埴”（陶瓦）之工等六大类三十个不同工种的生产工艺，总结了我国古代在制造车辆（包括兵车、乘车、田车等）、兵器（弓、矢、刀、剑、戈、矛等），制作农具、皮革、陶器、铸造量器、饮器、雕刻玉器和有关练丝、染色、彩绘以及建造城郭、宫室、沟洫等方面的经验。从选材到制造方法、产品构造与规格以及检验质量的方法、工程形制等等，都分别作了或详或略的记述，指陈得失、穷究理数，都颇精细入微，是我国古代一部比较切实而具体讲述生产技术的书。其中“匠人建国”、“匠人营国”、“匠人为沟洫”等三节，记载了当时取正、定平的方法，国都规划的原则，建筑方面的等级制度的规定和不同情况下尺度观念的运用，还有关于夏世室、殷人重屋、周明堂的片段记载和当时农田水利系统的组成内容。所以，《考工记》的匠人篇是我国现存古籍中有关建筑方面较早的文献。

汉代初年，河间王刘德因《周礼》缺失《冬官》篇，遂以《考工记》补入，作为《冬官》而保存下来，故又称《周礼·冬官考工记》。本来二者并非在一书的。

关于《考工记》的成书年代，在汉朝时已有不同看法，后来也有不少争论。我们采纳唐朝贾公彦和清朝江永的考证，认为《考工记》很可能是东周齐国的官书。理由是：《考工记》中说：“秦无庐，……郑之刀”，郑国是周厉王时才开始分封给他儿子的地方，秦国是从西周东迁后才在西周故地上开始分封的诸侯国，所以《考工记》的成书年代不会早于东周。

《考工记》中韦氏、裘氏等篇章，经过秦始皇灭焚典籍的过程而短缺了，说明《考工记》的成书年代是在秦朝以前。

书中说：“橘逾淮而北为枳，鸜鹆不逾济，貉逾汶则死。”这句话里提到的“淮”、“济”、“汶”，都是齐国封地上的河流。书中有“终古戚连椑茭”之类的话，都是齐国人的语言。由此分析，《考工记》是齐国人的著作。

齐国颁布《考工记》是为了维护奴隶社会的工贾食官制度，因为当时工商业奴隶要求解放的力量相当大。郭沫若的《青铜时代》一书考证了铜器的变化，说明春秋有一段时间的产品质量下降，《考工记》详细规定生产工艺和管理制度，是为了维护产品的质量和原制度。

《考工记》是一部比较具体记录和反映奴隶社会末期工艺技巧和质量要求的著作，对于我们了解我国古代的生产水平与技艺，有一定的历史参考价值。在《考工记》的第一段，即相当于总论部分，根据“天有时，地有气，材有美，工有巧，”对当时各地区的特产进行了综合分析，说明优良的产品与特定的气候、土壤、材料、工匠传统技术等因素有关。这是符合朴素的唯物论的。《考工记》对直接从事手工业生产的百工作了较高的评价，指出“审曲面势，以饬五材，以辨民器，谓之百工”，“百工之事，皆圣人之作也。烁火以为刃，凝土以为器，作车以行陆，作舟以行水，此皆圣人之所作也。”

下面单就《考工记》中有关建筑工程的部分作一简略介绍。“匠人”，是木工而兼职版筑营造之法的匠师，他们掌管着都城、宫室及沟洫等建设任务。《考工记》中“匠人”的条目有三，即“匠人建国”、“匠人营国”、“匠人为沟洫”等三条。

“匠人建国”

这一条讲的是选择与确定城郭宫室的方位与找平地面的方法。

书中只用了“水地以县”四个字来说明找水平。古时候人们很早就观察到“水静则平”的自然现象。《庄子·天道篇》就写着：“水静则平、中准，大匠取法焉”。汉朝人郑玄解释“水地以县”是：“于四角立植而悬，以水望其高下，高下既定，乃为位而平地。”说是在四角竖立垂直于地面的木杆，利用水来观察木杆的高低，在每根木杆的同一高度上标出横向刻度，按照木杆上的标高来平地。但是郑玄所说的“水”，是指地面上的水沟，还是某种简单的水准仪？没有进一步说明。

找平地面后，才能立杆测量。因为在地势不平的地面上测景会有误差。《考工记·匠人》接着说，“置槷以县，眂（同视）以景。”“县”是指用悬绳的方法来校正木杆是否垂直于地面。“槷”是在所平之地的中央竖立一个八尺高的标杆（古时或称“县”），也就是我国古代天文测量中用的“表”。测量的表不可过短，过短则分寸太密，取景虚淡时难以审别，因此需要竖立八尺高的标杆，借以观察太阳光照射景表的投影。再以景表为中心画一圆弧，观察与记录下日出与日入时景表投影的角度，找出其内分角线，并参照正午时分景表的投影和夜间北极星的方位来校正它。就能定出南北方位（“为规，识日出之景与日入之景，昼参诸日中之景，夜考之极星以正朝夕”）。

“匠人营国”

这一条中记录的是当时国都规划的制度和关于夏后氏世室、殷人重屋、周人明堂等方面的片段传闻。

关于当时国都规划的制度，原书记载是：“匠人营国，方九里，旁三门。国中九经九纬，经涂九轨。左祖右社，面朝后市，市朝一夫。”意思是，天子之城的规模是长宽各为九里的正方形大城，每边各开三座城门。城中有九条南北和九条东西向的干道与城门相通，每条干道的宽度可以容纳九辆马车并排行驶（以当时车轨宽八尺来记算），王宫在城的中央（图 15-1-1）。宫的前面是朝，后面是市，左面是宗庙，右面是社稷。每个“朝”和每个“市”的大小是百步见方。

这段关于国都规划的文字虽然简短，但是，如果深入研究，与《周礼》、《尚书》等古代文献互相引证，则可以看出古代宫殿、宗庙、社稷、朝市等方面的布局和活动情况。如《尚书》有“诸侯出庙门”一句，反映了宗庙与各重宫门之间的相对位置。《逸周书》里提到“大庭”、“少庭”，可以了解“朝”也当“庭”讲，是指宫殿前面的空场地，转为“宫廷”之意。

关于“市”，从《周礼》的《地官·司市》篇里，可看出古代的“市”有三种：

大市：它的营业时间是正午开始（“日中为市”），是为消费者来买东西的零售市场。

朝市：它的营业时间是清晨，以商贾之间的交易为主。

夕市：它的营业时间是傍晚，以市场对小商贩零星批发为主。

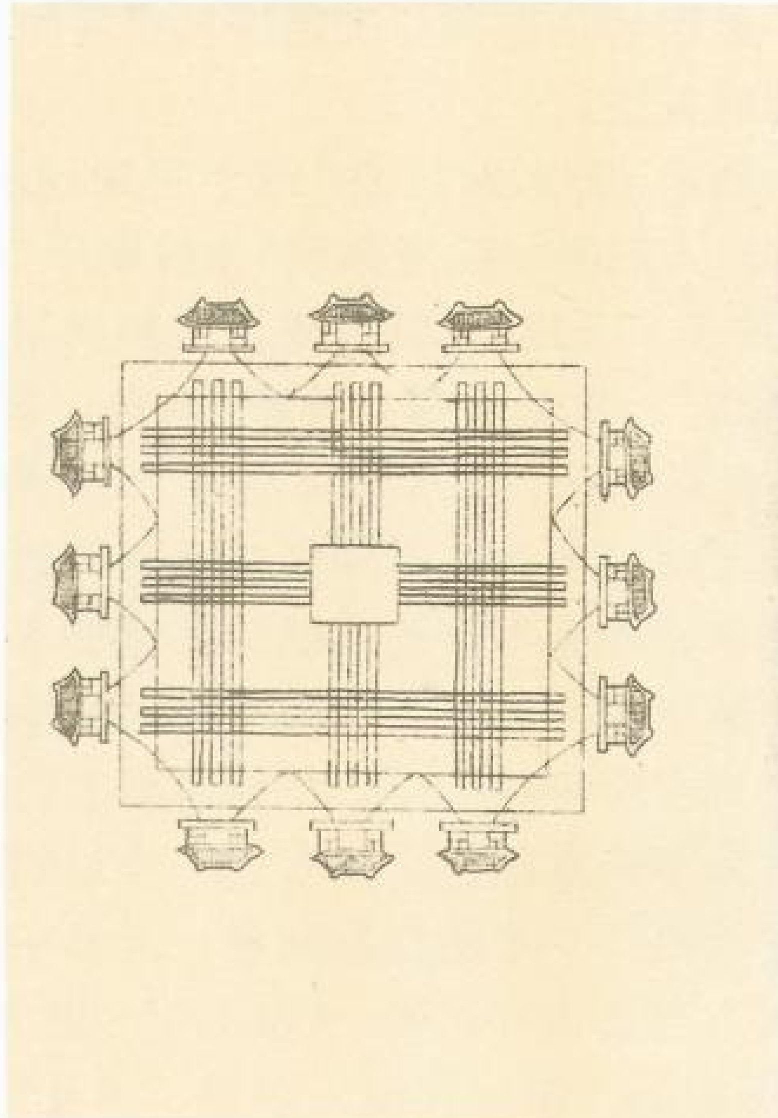


图15-1-1 （1）周王城图（清乾隆《钦定周官义疏》）

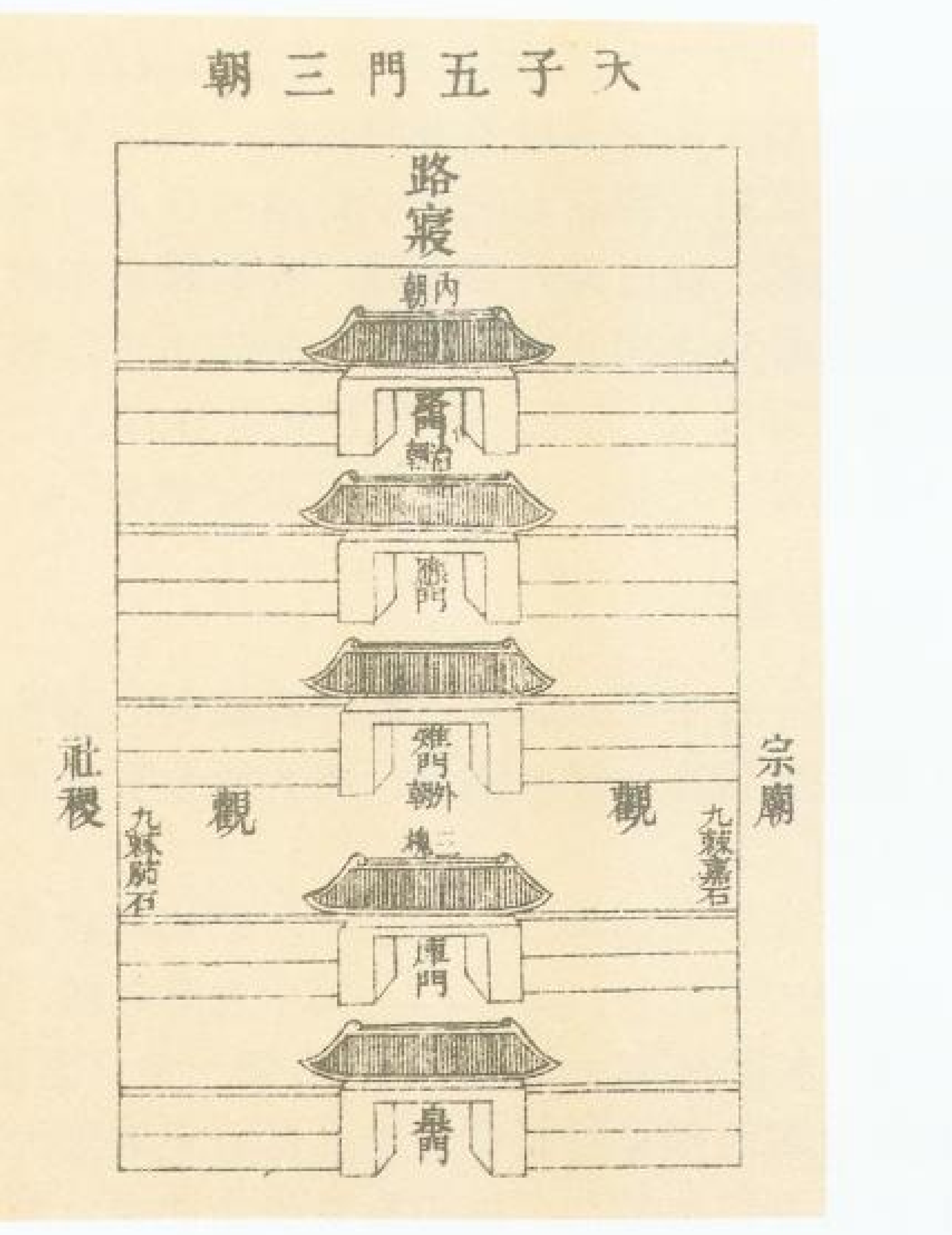


图15-1-1 （2）天子五门三朝图（清乾隆《钦定周官义疏》）

三个市的排列是：大市居中，朝市在东面，夕市在西面。每个市的外面有大围墙，内部有房子、棚子和广场。市场有一套管理机构和有关组织。“司市”（市场领导者）的驻地叫“思次”（是《周礼》中的专门名称）。在开市前要把同类商品陈列成行，构成一个肆。《周礼》中把“肆长”的办公柜台称为“公次”。开始营业时要升旗。控制市门的门卫叫“司暴”，货栈叫“廛”。“市”还作为行刑的地方——“暴尸于市”。

对周代宗庙和社稷的布局和制度，前人也做了许多考证。大体看来，《考工记》所述，是一种方整对称的布局。

“匠人营国”上述这段条文虽然说的是奴隶社会的国都规划制度，但对漫长的封建社会，却有深远的影响：

（1）除受地形条件限制者外，在平原地区建设的都城，乃至府、州、县城的外形大多比较方正。道路成东西向和南北向十字相交或丁字相交，主要街道直通城门。根据城的规模大小，每边城墙上以各开三个城门或一个城门者居多。

（2）宫城占据全城的中心位置。历史上有的都城将宫城建在城的中部（如北魏洛阳、金中都）；有的建在城的南部（如元大都）；有的建在城的北部（如曹魏邺城、隋唐长安），但是，一般不离开全城的中轴线。同时，主要宫殿和重重宫门依次分布在宫城的中轴线上，以此来象征王权，这种规划思想起源很早。甲骨文上就提到“中商”——大邑商居土中。《周礼》大司徒提出选择王城要在“地中”。不论是奴隶社会或者是封建社会，统治者都要通过居“中”来表现它唯我独尊、一统天下的思想。

（3）在城市的具体规模和具体布局，由于社会经济条件和地形条件的不同，后世都城各有特点。《考工记》中提出“左祖右社”，并没有规定它们的具体位置。元大都的太庙建在东城，社稷坛建在西城；而明朝北京则把太庙和社稷坛建在紫禁城的前部两侧。具体位置虽然不同，但都算是符合“左祖右社”的制度。“市”的位置，依循“面朝后市”之说的，惟有元大都。

“九经九纬”一句，研究《考工记》的史学家们对此也有不同的理解。联系到每面的城门只有三座，因此较多的人认为九个道组合成三条大路。有人根据汉长安的实践，解释为中央是天子的专用御道，行人只能走两边的街道。但是《考工记》讲规划和建筑部分的文字十分简单，很不具体，只能当作一种大体设想。

《考工记》追述夏后氏世室、殷人重屋和周人明堂的，也系来自传闻。现在保留下来的这段文字有点类似残简，表现在句、段上显得不完整、不连贯。如“夏后氏世室，堂修二七，广四，修一”，原文太简略。又如“殷人重屋”，是指屋顶的重檐形式，还是指由几幢房屋组成一重重院落，还是一幢两层楼的房屋，均无从判定。再如周人明堂，早在汉武帝时，召集许多读书人讨论明堂制度，争论很久，也得不出结论。这些词句的真实程度和含义，还有待考古发现来解决。

“匠人为沟洫”

这一条中反映了当时的某些水利和建筑方面的技术。

（1）农田水利系统的组成。

书中写道：“匠人为沟洫，耜广五寸，二耜为耦，一耦之伐，广尺深尺谓之甽。田首倍之，广二尺深二尺谓之遂。九夫为井，井间广四尺深四尺谓之沟。方十里为成，成间广八尺深八尺谓之洫。方百里为同，同间广二寻深二仞谓之浍，专达于川，各载其名”。意思是用开挖沟洫的工具——“耜”的宽度（五寸）作为计算的单位模数。二耜为一耦，耦是田间的排灌沟，这种沟的宽度和深度都是一尺。田头的灌溉渠名“遂”，宽二尺深二尺。围绕着井田制一里见方的农田耕种单位的水渠名“沟”，宽四尺深四尺。范围再大时，灌溉十里见方地区的水道名“洫”，宽八尺深八尺。灌溉百里见方地区的水道名“浍”，宽十六尺深十四尺。从“浍”再流向天然山溪、河流或大川。这些规定数字，虽然往往会被自然地形条件所改变，但由此可以看出当时农田水利系统的组成方式和对各种不同尺寸大小的沟渠能担负多大面积的排灌任务也有了初步的认识。

（2）总结了几条古代劳动人民在防治水害，兴修水利方面的经验。

书中写道：“凡沟，逆地防，谓之不行，水属不理孙，谓之不行……凡沟，必因水势；防，必因地势。善沟者水漱之，善防者水淫之。”意思是如果逆着地势挖沟，则沟土不固而善崩，水流不畅而容易决溢。顺着水势地势的沟洫，流水经常冲荡堤土，不会造成淤塞。选地适宜的堤坝，水流带来的泥土，会淤积沉留在堤坝附近，从而增厚堤坝，保护堤坝。

我国是江川河湖纵横流贯的地区。自古以来，在用水治水方面积累了正反两方面的经验。《考工记》中用这几句简练的语言就把用水治水的基本经验加以概括了。

（3）包含一些建筑方面的内容，如：“葺屋叁分，瓦屋四分”。意思是指茅草屋顶的举高是三分之一，瓦顶房屋的举高是四分之一。茅草屋顶排水不畅，坡度太平缓了易漏，而瓦顶的排水较快，它的坡度可以适当小一些。“囷窌仓城，逆墙六分”。囷，是贮藏谷物的圆囤。“逆墙”是指墙身逐步退却杀减它的宽度。意思是建造贮藏谷物的囤仓的墙与建造城墙的方法都是墙身自下而上逐渐变窄，收分为六分之一。“堂涂十有二分”。这是指台阶的坡度，十分中峻起二分，也就是台阶的坡度是1∶5。“窦其崇三尺”。“窦”是指宫中的排水管沟，它的形状宽窄根据实际需要而定，为了防止壅塞，深度是三尺。“墙厚三尺，崇三之”。这是指当时一般的夯土墙厚三尺，其高度为底宽厚度的三倍。

从以上几段有关建筑的条文可以看出，早在二千多年前的《考工记》就总结了一些经验数字。这些数字，也是工匠世代相传的技术口诀。

《考工记》的“匠人篇”中缺乏有关建筑工匠的施工经验和操作技能的具体记载。但是，我们从《考工记》的轮人、辀人、车人等有关木工的条文中，可以看出对木工的质量要求是很高的，表现在以下几方面：

（1）木工必须善于利用材料——“审曲面势”，就是根据天然木材的曲直纹理、阴阳向背、形状特点去利用它。在加工时，从材料的性能和形状出发，考虑木材纹理的曲直向背，如何受力比较更为合适。如果受力状况与木料纹理不符，木材就会劈裂。《考工记·辀人》讲制造车辕。车辕前面放在马背上，后面位于车轮中心，所以需要选用合适的弯料，利用它原来的曲纹，再用火烤到需要的弯度，而不减少强度。

（2）在做车轮、车盖、车辕的零件时，各有一定的比例和尺度概念，书中列举了许多经验数字。其中提到车辕的榫卯深度要与辐宽相等，如果“辐宽而凿浅”（车的辐条宽度大于辐条的榫卯深度），则榫卯不会坚固，容易摇晃；如果“凿深而辐小”，则榫卯虽然很坚固，但辐条的强度不足，车轮就不能经受住沉重的荷载。可以看出，

《考工记》对质量的要求是由实践中总结得来的。

(3)还提出许多检查质量的方法。车轮做好以后，凡能通过下列各项检查的，该工匠可算是国工：用规检查车轮圆不圆；把轮子转动起来，看它是否正；用绷紧的绳子检查辐条是否正对轮子中心，上下成一直线；把轮子平放在水里，看它四周是否均匀下沉；再用度量衡检查轮子的体积和重量，看左右轮是否完全一样。这些检查方法包括着几何学和物理学的一些基本原理。

《考工记》中所反映的建筑等级制度

《汉书》说："降杀以两，礼也"，就是用以"2"为公差的9、7、5、3这样的数字来表达礼制的等级。"匠人营国"条目中规定天子之城、王子弟所封之城在城市规模、城墙高度和道路宽度上各依次递差一个等级。在城市规模上，天子之城方九里，公之城方七里，侯伯之城方五里，子男之城方三里。在城墙高度上，天子之城的城隅（即城的四角所建造的高耸城阙或角楼）高九丈，城身高七丈。诸侯的城隅高七丈，王子弟之城的城隅高五丈。在道路宽度上，天子之城的主干道宽九轨，环城路宽七轨，城郊大道宽五轨。诸侯城的道路系统比天子之城降低一个等级，即主干道宽七轨，环城路宽五轨，城郊大道宽三轨。王子弟所封之城的道路系统又再降低一个等级，即城内主干道宽五轨，环城路和城郊大道皆宽三轨。

这些规定反映出当时奴隶制社会等级制度的情况。公元前562年，鲁国新兴地主阶级的代表季孙、叔孙、孟孙起来对抗鲁国国君，他们打破奴隶主的礼制规定，自己修筑城堡，以巩固自己的权力。他们的这种越礼行动，遭到奴隶主阶级的反扑。这就是历史上的"堕三都"事件。这个历史事件可以旁证《考工记》关于奴隶社会不同城制的等级规定是反映当时的现实情况的。

《考工记》中所反映的尺度观念

在"匠人营国"条中，值得我们注意的是，当时的尺度观念是根据使用要求来确定的："室中度以几，堂上度以筵，宫中度以寻，野度以步，涂度以轨。"几案长三尺，当时人们在室中凭几而坐，居室的面积用几来衡量。"筵"是铺在室内的草席，长九尺；"堂"是行礼宴会的场所，按"筵"来计算大小。王宫的庭院中无几无筵，因此丈量宫庭的大小用"寻"（"寻"是人臂向两侧平伸时左右手指端间的距离，长约八尺）。在野外估算距离最简便的方法是步量（每步以六尺计）。当时主要的交通工具是车，因此道路的宽度用能并行几辆车子的"轨"来计算（轨是车的辙距，八尺）。除此以外，还提到"庙门，容大扃七个；闱门，容小扃叁个"，意思是宗庙的门宽是根据穿鼎耳棍子的长度来决定的（庙门，是宗庙南向的大门。大扃，是横贯牛鼎的木棍，长三尺。闱门，是庙中的小门。小扃，长二尺）。书中还说："路门，不容乘车之五个；应门，二彻叁个"。当时兵车要进入城门，乘车又要进入宫门，因此在建造宫门时要考虑到乘车的高度（高约一丈四尺）和宽度（宽八尺）。以上这些应用于不同场合的尺度概念反映了当时的功能要求和设计方法，也显示了古代模数制的雏型。

综合以上情况，说明当时在掌握工具、选材、加工、制造、检查质量等各个环节都有许多经验，反映了当时的木工技术已达到一定水平。无疑，建筑技术也有着相应的经验。

通过对《考工记》有关建筑方面条文的分析，使我们了解到春秋末、战国初时期取正定平的方法、当时木工的经验和技能、尺度观念和等级制度；对城市布局、城墙高度、道路宽度的设想等问题。这些条文文字简练，内容丰富，反映我国在早期就有了较系统的城市规划理论和较精巧的建造技能。《考工记》是研究古代建筑经常引用的重要典籍之一。

第二节 《营造法式》评述

《营造法式》是北宋官方颁发的，关于建筑工程做法和工料定额的专书，也可算是我国最早的一部建筑工程规范。全书包括有壕寨、石、大木、小木、彩画、砖、瓦、窑、泥、雕、旋、锯、竹等各作制度，以及施工的功料、定额和各种建筑图样。它是由将作监的官吏李诫奉上级之命编著的，带有为统治阶级服务的政治特征，但在编著过程中吸取了北宋工匠的经验。据书中介绍，全书共34卷，257篇，3555条；其中有308篇3272条系来自工匠相传并且是经久可以行用之法。因此它仍然是一部闪烁着中国古代劳动工匠智慧和才能的巨著，直接或间接地记录了我国十一世纪建筑设计和施工经验，工程管理的情况，以及工匠对科学技术掌握的程度，为我们研究中国古代建筑技术发展史，提供了宝贵的资料。

一 成书的背景

《营造法式》出现在北宋末，这不是偶然的，是与当时生产力，生产关系的发展、变化有着密切的关系的。北宋官手工业的发展，促进建筑技术的发展，为《营造法式》的产生创造了条件。

北宋正处在从封建社会盛期向封建社会晚期的转化时代。在封建社会中，社会的经济结构是以皇族和地主阶级土地占有制为主体。为了皇族的消费和政治统治的需要，在漫长的封建社会中，官手工业也在缓慢地发展着，成为皇族和地主阶级土地占有制的附属物。

早在汉代就已有了专门掌管手工业的官府机构，如考工令，平准令，御府令，尚方令，将作少府等；将作少府设将作大将，掌修宗庙、路寝、宫室、陵园等土木工程。唐代中央设少府监，掌管百工技巧之政，将作监掌管土木工匠之政，下设左校（梓匠）、右校（土工）、中校（车舟等工）、甄官（石工陶工）等四署。

到了宋代，官手工业规模空前，这反映在以下两个方面：

手工业组织、机构更加庞大，分工更细，例如：少府监下有四案、八所、五院等机构，将作监有五案、七十二所，十个附属单位，军器监有五案、十三所，四个附属单位，此外还有都水监，内侍省的后苑造作所……等机构。其中属于将作监下管辖土木工程的东西八作司领有以下八作即"泥作、赤白作、桐油作、石作、瓦作、竹作、砖作、井作"。又有广备指挥主城之事总二十一作即："大木作、锯匠作、小木作、皮作、大炉作、小炉作、麻作、石作、砖作、泥作、井作、赤白作、桶作、瓦作、竹作、猛火油作、钉铰作、火药作、金火作、青窑作、窑子作"（《宋会要辑稿》）。

手工业原料供应系统规模很大，为了满足官手工业的生产需要，官手工业的原料来源，除采用贡赋、和买（近似强征）、征榷（即商税）等办法外，还有经办官员直接派人到全国各地采办的情况，据记载："大中祥符间大兴土木之役以为道宫、玉清、昭应之建，丁谓为修宫使。凡役工日至三、四万，所用有秦、陇岐、同之松岚石；汾阴之柏；谭、衡、道、永、鼎、吉之梌枏、槠、温、台、衢吉之梼；永、澧处之槻、樟、潭柳；明越之杉；郑淄之青石；衡州之碧石；莱州之白石；绛州之斑石；吴越之奇石；洛水之石卵；宜圣库之银朱；桂州之丹砂；河南之赭土；衢州之朱土；梓信之石青、石绿；磁相之黛；秦阶之雌黄；广州之滕黄；孟、泽之槐华；虢州之铅丹；信州之土黄；河南之胡粉；衡州之白垩；郓州之蚌粉；兖、泽之墨；归、歙之漆；莱芜、兴国之铁。其木石皆遣所在官、部兵民入山谷伐取。又于京师置局；化铜为输、冶金薄锻铁以给用……"（《容斋三笔》卷十一）。由此可见，官手工业是靠征调全国的人力、物力来满足其需要的，土木工程尤其如此。

宋代官手工业在中国封建时代官手工业发展史上，占有显著的地位。宋以后官手工业便日趋衰落，私营手工业逐渐发展起来，到了明代私营手工业发展到了新的水平，产生了资本主义的萌芽。

为什么在封建社会走向后期的宋代，官手工业能够得到一定的发展呢？这与唐中叶以后官手工业中生产关系的变化，有着密切的联系。

唐以前官府对手工业者采用徭役制，从事手工业的工匠分为短蕃匠、明资匠、长上匠，此外还有一些终年没有人身自由的奴婢、刑徒充当手工业生产的劳动力，工匠们都是由官府按州县分派给任务被迫就役的，在工官的监督下劳动，生活极其悲惨。安史之乱以后，农民对地主阶级的反抗加剧，社会上人口流动频繁，官府掌握的户籍已被打乱，徭役制走向崩溃，逐渐被"和雇"所代替。"和雇"就是将官府的差役通过给酬、招募工匠去完成。在宋代的官手工业中"和雇"已占主要地位。和雇的工匠有的按时间的长短给酬，也有"官家给以物料，尽一家人力鼓铸，率十分中支若干分数充其工价"。这种办法近似于计件给酬，生产者的地位比以前有了变化，这样便刺激了生产者对劳动的兴趣，引起劳动者对生产技术的改进和提高。例如，宋神宗熙宁年间，许州民贾工明献瓦法，以黑锡代替黄丹来烧琉璃瓦，就是一个突出的例子。统治阶级为了进一步刺激工

匠生产的积极性，便采取“能倍工即偿之，优给其值”的政策，并规定可依技艺的巧拙，年历的深浅确定工匠的等第，给予高低不同的雇值，工匠并可依资升转。

生产关系中的这种变化，使北宋的官手工业的生产力得到一定的发展，官手工业规模庞大，为了提高生产效率，官手工业分工明确，产品日趋规格化、定型化，因为只有这样才能更适应对工匠分等第给雇值的和雇制度。

作为服务于统治阶级的土木工程，从秦汉以来，长期由官府经营的官手工业去完成。北宋官手工业的发展，反映到土木工程中，施工组织出现比以前更为精细的分工，对建筑物的工艺水平也大为提高，工匠已掌握了一套“世代相传，经久可以行用之法”。凡此种种，都标志着当时建筑的发展已经成熟，这样就酝酿着总结建筑工程发展经验的专著之产生。北宋人沈括在晚年所著的《梦溪笔谈》中，就曾写到:“营舍之法，谓之《木经》，或云喻皓所撰，其书三卷。近岁土木之工，益为严善，旧《木经》多不用，未有人重为之，亦良工之一业也”。这反映了当时社会上对总结出新木经的需求。

从《营造法式》的序、札子、看详之中反映出李诫编著的目的是非常明确的:

首先是“关防功料最为要切”，企图通过颁布一部带有朝廷法令性的专书，从而加强对工料的控制，以期杜绝在土木工程中的贪污、浪费现象。

第二，针对元祐法式旧文“只是一定之法，及有营造位置尽皆不同，临时不可考据，徒为定文，难以行用”的缺点，在重新编修中考虑到对于复杂的建筑构件，在位置做法各不相同的条件下，应该采取哪种型制和作法，在书中均作了明确的规定，以便于对一幢建筑物各部分建造的格式、质量，都能有所依循。

第三，李诫在序中曾提出“董役之官，才非兼技”的情况，就是指在一般工官中往往不懂技术，只会对工匠发号施令，监督工匠劳动，特别是不知道“以材而定分，乃或倍斗而取长”，造成“弊积因循”，没有检查的标准。李诫认为，通过官颁《法式》可使那些不懂技术的官吏，按照条文办事，就可以剔除积弊。当然问题并不是那样简单，官吏懂了技术，仍然可以因循敷衍，以便从中渔利。这只不过是李诫的设想而已。

《营造法式》正是在这样的政治、经济条件下产生的，但它并非凭空写成，应该看成是继承了前人的创造。北宋当代的喻浩《木经》可以借鉴;从宋代其他史籍中也透露了一些皇家建筑依循“古制”、“程式”的材料。例如《宋史》载真宗建造玉清昭应宫时，曾因“屋宇少有不中程式，虽金碧已具、必令毁而更造，有司莫敢较其费”。又《宋朝会要》:“今大内即宣武军节度使治所，周世宗虽加营缮，犹未合古制，建隆三年，发开封，浚仪民，广皇城。四年五月，太祖命有司画洛阳宫殿，按图修之，自是皇居始壮丽”。这些材料说明早在《营造法式》编著之前，对于建筑工程的“程式”制度已较为重视。不过这种“程式”制度在记载中往往不太详细具体，而在工匠中则多有流传，或在建筑工程中体现出来。《营造法式》不但依据经史之书修立了一些条目，更重要的是把在工匠中“世代相传，经久可以行用之法”归纳起来，形成了条文加以推广。客观上起了总结工匠实践经验的作用，这正是它的宝贵价值所在。

二 编著的特点

《营造法式》编著的目的是为统治阶级管理的需要，是作为朝廷法令性典籍而颁发的。因此在序言中就申明，要使“条章俱在”，以便管理人力物力，加强对功料的关防。《营造法式》用了十三卷的篇幅来规定功限和料例，正是体现了封建统治者对广大劳动工匠的压迫和剥削。

《营造法式》在序中指出:“功分三等第为精粗之差，役辨四时用度长短之晷，以至木议刚柔而理无不顺，土评远迩而力易以供”。这是对“功”的含意的概括，它包含着等第、时间、加工的难易程度等内容。

《营造法式》所规定的工匠生产产品的等级，与当时官手工业中对工匠划分等第的要求是完全一致的，在卷28诸作等第一节中，把对各种建筑构件的加工，按工艺技术的难易程度和劳动量分作上、中、下三等，例如大木作，制作复杂的斗栱算上等，制作简单的斗栱及梁、柱算中等。制作不露明的结构构件，如平暗（即天花）以上的草栿之类的构件算下等。小木作中把制作板门、带球纹花饰的格子门算上等，一般门窗算中等，隔断板引檐算下等。石作中规定能镌刻各种高、低起伏的浮雕、花纹算上等，作素覆盆柱础、水槽子算中等，作栏杆下的螭子石算下等。对工匠根据其所能完成的施工技术的等第而确定其水平之高低，并以此作为付酬多少的依据。

对于每个功的工时长短，一年四季随着季节而变化，法式规定“称长功者谓四月、五月、六月、七月；中功谓二月、三月、八月、九月，短功谓十月、十一月、十二月、正月”。并指出功限中所规定的功是以“中功”作为标准的，若长功则加 $\frac{1}{10}$ 功日，短功则减少 $\frac{1}{10}$ 工日。

根据木材质地软硬程度不同，物资运输距离的远近，河道驳运，分别顺流、逆流等不同，用功量都有不同的规定。具体考查功限的条文，便可察觉分工之精细，这固然反映了手工业生产的进步，但同时也说明计功数值是相当苛刻的。

例如：制造木柱子，按卷十九规定用工量如下：

造作功:“柱每一条长一丈五尺，径一尺一寸，一功（穿凿功在内）”。“柱硕每一枚五分功”。“凡安勘绞割屋内所用名件、柱额等加造作名件功四分”。

这样一根柱子的总功限为1.9功。另外如再按照卷二总释下总例:“诸式内功限并以军功计定，若和雇人造作者，即减军功三分之一。”核算结果还不到一功（0.93功）。虽然订有长短功增减条文，却没有明确的功日时限，照古人说的“日出而作，日入而息”，一天十几个时辰的辛勤劳作，要想达到定额恐怕也有一定困难。从晚于宋代600年后的清《工程做法》大木作定功限额（按规定以构件表面积计算）看来，制作这样大小的柱子，柱围表面面积合52尺^2，每尺^{2}约0.0312功，如下式:

造作功　0.0312功×52尺^2＝1.62功，

安装功　按造作功增加一成计0.162功，

供作壮夫　按造作安装功合计增加二成计0.214功。

三项合计　　2.13功

比《营造法式》增加两倍有余。1958年北京市编制的《古式建筑安装工程施工定额》大木工程各种柱子制作功，平均每平米0.56功，每营造尺^{2}约0.057功，又大于清代所订功限，是通过从事古建多年的老匠师亲历经验，结合现时工作情况、工时长短、技术熟练程度各方面的因素制订出来的，通过近年实施工程证明，比较切近于实际。由这两个例子看来，《营造法式》的功限确实够严刻的。

对于建材的管理，《营造法式》订有料例三卷，是为编制工程预算时使用的材料消耗定额。有了额限标准，一方面可以防范经手的官吏从中营私舞弊，另方面也是对工匠的一种控制手段，从而加强工程的管理制度。从一些史料中可以看到北宋的官手工业工匠，曾经有过多次反抗官府的斗争，有的杀死作坊的作头；有的则压低产品的质量。造军器的工匠，造出的盔甲是软的，使其不能抵挡矢石，使用巧妙的办法，瞒过检查的官吏。面对这样的斗争，官府深知其厉害，《营造法式》料例正是针对建筑业工匠对官府反抗、斗争而采取的有利于加强“关防”的具体措施。

《营造法式》中的另一特点是，把工匠们处理建筑设计与施工的经验——“有定法而无定式”，作为编著全书贯穿于各作制度中的指导思想，李诫称为“变造用材制度”。由于李诫深知自己“非工”的局限，在编制《营造法式》时，不得不“稽参众智”，“与工匠详细讲究规矩，比较诸作利害”，这样就使得李诫所编的《营造法式》改变了元祐法式“只是料状，别无变造用材制度”，“只是一定之法，及有营造位置尽皆不同，临时不可考据，徒为空文，难以行用”的状况。变造用材制度，是工匠在长期施工中摸索出来的一套经验，这与当时设计、施工合一的条件是相适应的。从沈括的《梦溪笔谈》中介绍的杭州都料匠喻皓的情况可知，喻皓既是施工的总负责人，能带领工匠施工，解决施工中的难题，又能进行建筑设计，还著有《木经》三卷。在那样的历史条件下，工匠们把他们解决设计与施工中的种种矛盾的经验编成口诀，长期流传下去，便逐渐形成了制度。李诫所说的“变造用材制度”是蕴涵在各“作”之中的，它揭示了工程作法、技术变化的规律。

用材制度规定建筑木构构件，都由统一的“材”来衡量《营造法式》大木作制度，理出了一套建筑木构构件的材、分尺寸，同样一个构件，如一个栱或一个斗，用在不同大小的建筑物上，它的材、分大小是同一个数值，而尺寸的改变，就靠变换用材等第去实现。这样就避免了就事论事的办法去规定每幢大小不同的房屋的所有构件的尺

寸，形成“只是料状”的情况。

与严格的用材制度相结合的是“变造”的规律，它反映在以下几个方面：

《营造法式》大木作制度中，对于繁多的建筑构件进行归纳、分类、找出最基本的型制，详细阐明规格、作法，然后再对于变化造作的规律加以总结。例如“栱”，《营造法式》首先指出造栱之制有五，分别介绍了华栱、泥道栱、瓜子栱、令栱、慢栱这五种类型的栱的一般特点，并指出他们共同的断面大小，卷杀作法，栱眼深浅，以及栱上坐斗的位置等等。然后阐述了变造的情况：栱在转角铺作中使用时出现两头不一样的处理，即所谓列栱之制，这时华栱另一头可能作成泥道栱或瓜子栱。慢栱另一头可能作成华头子或切几头。除此之外，转角铺作中的栱还会有其他的矛盾，转角铺作的栱有时与补间铺作的栱相撞时，则两个构件可以处理成一个长构件，在当中刻出原来两栱的形状，这种作法叫作鸳鸯交手栱（图15-2-1）。

《营造法式》的各作制度中，有不少地方反映了各个构件之间的呼应关系，和留给工匠“随宜加减”的原则。

例如，门窗尺寸和大小是变化多端的，《营造法式》首先规定了门窗总体尺寸的变化范围，如版门高七尺至二十四尺，而细部尺寸则“取门每尺之高积而为法”来求得其大小，这就保证了细部与总体之间在门大小不一的情况，都有良好的比例关系。

又如，木钩阑根据与主体建筑相配合的原则，给出了钩阑高度的变化范围，细部亦取“钩阑每尺之高积而为法”去求得其尺寸，对钩阑的长度却不作具体规定，而是指出设计原则：“凡钩阑分间布柱，令与补间铺作相应，如补间铺作太密或无补间者，量其远近，随宜加减”。其主要意思就是每段木栏杆的长度，要与主体建筑的柱子、斗栱的布置相呼应，在每栋建筑中，栏杆的长短、高矮可以随宜加减。

斗栱在宋代建筑中，除柱头处有一朵柱头铺作外，在两柱间的阑额上，还放一朵或两朵补间铺作，《营造法式》首先指出了斗栱布置的一般情况是“当心间须用补间铺作两朵，次间及梢间各用一朵，其铺作分布令远近皆匀”。附注还注明变造的三种情况：即（1）“若逐间皆用双补间，则每间之广丈尺皆同”；（2）“如只心间用双补间者，假如心间用一丈五尺，则次间用一丈之类”；（3）“或间广不匀，即每补间铺作一朵，不得过一尺”(此处应是指两朵之间的净空)。这三种情况都涉及到建筑柱网的布置，第一种是讲当心间与次梢间采取等开间柱网的情况，第二种是讲次、梢间等宽当心间放宽的情况，这时当心间与次梢间之比为3：2，第三种情况则是最复杂的一种，开间尺寸逐间递减，这时开间尺寸直接影响到铺作的分布，所以控制两朵铺作之间的距离，净空限于1尺以内，就能保证铺作分布均匀，这为设计人制订开间尺寸提供了参考数据。但也有例外，就是转角铺作的处理，《营造法式》规定“凡转角铺作须与补间铺作勿令相犯”，即两朵铺作不能太近，以致互相侵犯。但有时梢间很窄，这时则处理成“连栱交隐”(即作成鸳鸯交手栱)，并需注意“补间铺作不可移远，恐间内不匀”。这样处理仍有矛盾时，《营造法式》指出另一种办法，即“于次角补间近角处从上减一跳”，就是减去最长的慢栱，从而解决了由于梢间狭窄所出现的转角铺作与补间铺作相犯的矛盾。

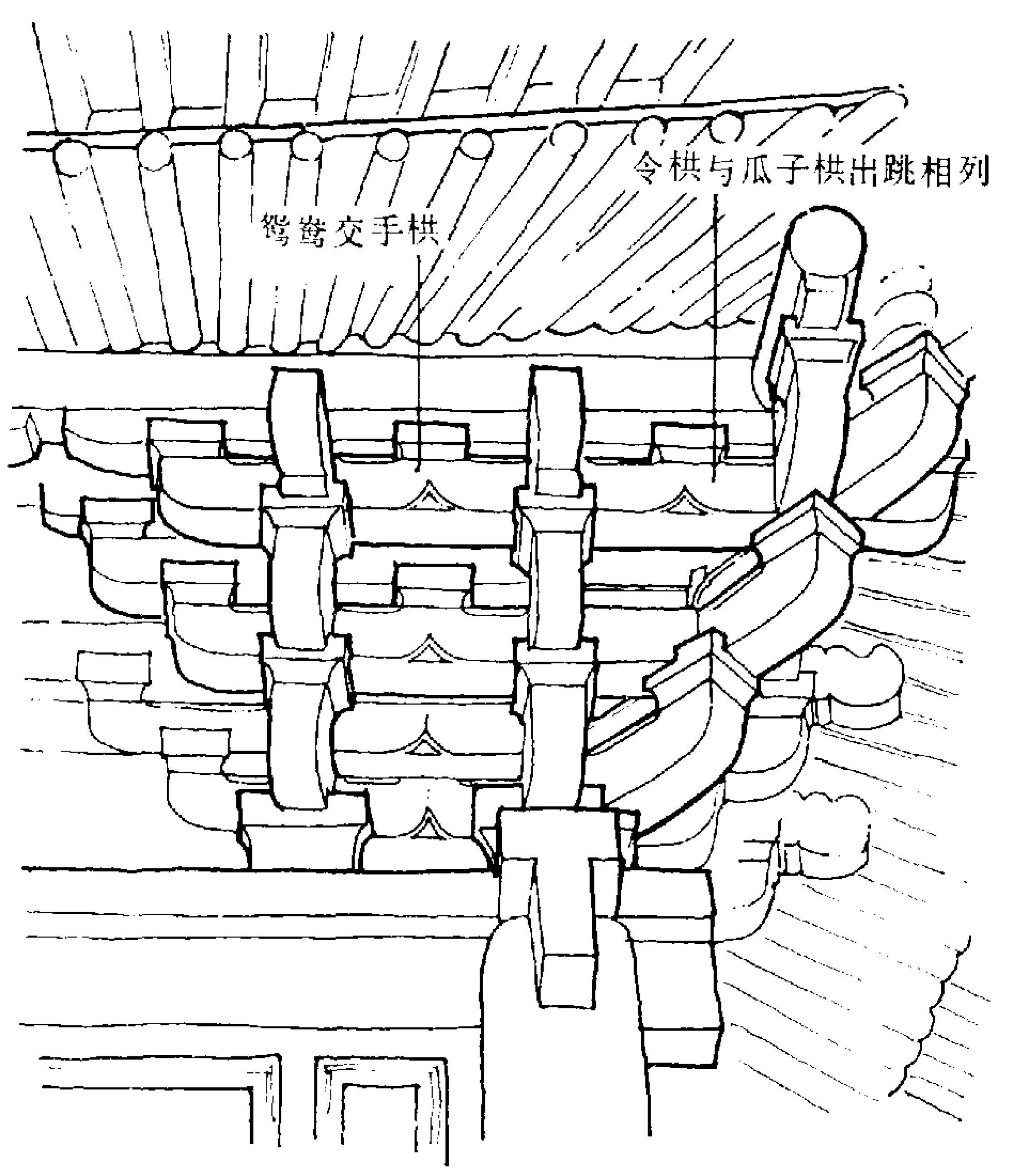


图15-2-1 鸳鸯交手栱（易县开元寺药师殿）

对于彩画的用色制度，也是可以“随其所写，或深或浅，千变万化，任其自然”。

总之，《营造法式》对于各作制度的制订都考虑到严格的尺寸数据，与灵活的处理相结合，有些地方可以“长短随宜”各得其所，由工匠自行处理在设计与施工中出现的一些矛盾，这样就使得在刻板的制度中，留有变通余地，更加科学，更符合事物的客观规律。这种指导思想最有代表性的例子是《营造法式》全书对于建筑物的柱高、开间、进深都不规定具体尺寸，仅仅提出一些原则。如：“柱高不越间广”。而间有多广？仅在总铺作次序一节的小注中透露了一个具体尺寸，即上文“假如心间用一丈五尺，则次间用一丈之类”，这个尺寸只能认为是一个具体的例子，而一幢建筑的开间到底多大才合适？《营造法式》之所以不一一规定出来，这是因为开间尺寸的决定因素较多，需要考虑功能使用要求，建筑艺术处理，以及材料的具体情况等等，比如材料，由于使用天然木料，不可能尺寸完全整齐划一，这就要依照具体的木料条件，由都料匠来运筹规划使用多长的阑额，多高的柱子最能充分利用所给的木料。对比，从遗留的古建筑中，也可觉察到，那些房屋的开间、柱高，都不是整齐划一的。又如房屋的进深，是随着在进深方向有几架椽来定的，而建筑的等第不同、功能不同，则椽的架数也不一样。从法式的侧样图中看到一些规律，凡是殿堂，一般都采用十架椽，而厅堂则采用八架、六架、四架的几种情况都有。每架椽长规定为“每架椽平不过六尺(指水平投影长度)，若殿阁或加五寸至一尺五寸”。落实到一幢房屋上的椽长需要因材而定，再根据等第和功能确定具体的进深用几架椽。

《营造法式》的变造用材制度是工匠长期实践经验的精华所在，因地制宜，因材施用，寓变化于规矩之中，它体现着古代工匠的创造才能与高超的技术造诣。

《营造法式》中有些条目是在经史群书的原有基础上修订的，这种条文虽在全书中占的比重不大，但却反映了《营造法式》的继承性。建筑工程的作法、制度是在长期的实践中逐渐形成的，经史群书也每有所记载，例如早在《周官·考工记》中就有屋盖“举折”方法，“葺屋参分，瓦屋四分”；“筑墙厚三尺，崇三之”的记载。又如定功在《唐六典》中已有对长功、中功、短功的规定。但那些记载往往不够系统的，条文本身也比较简单。《营造法式》在编著中既不忽视前人的传述，也不是机械搬用，而是加以修订使之更明确，更具有科学性。例如关于举折的制度，远远超出了葺屋三分，瓦屋四分的简单概念，而是对于“举”和“折”的不同含义分别作了说明，并定出较为科学的推算方法。“举”是指屋顶部份的总高度；即从橑檐枋背至脊槫背这段距离，称之为举高（以h来表示），它的算法是：以前后橑檐枋心的距离为a，则殿阁的举高：

$$h_{殿}=\frac{1}{3}a；$$

厅堂的举高 $h_{厅}=\frac{1}{4}a+(\frac{8}{100}\sim\frac{5}{100})a$

副阶部分举高 $h_{副}=\frac{1}{2}a$

“折”是指屋面坡度在上平槫、中平槫、下平槫的位置上发生变化，使整个屋顶坡度不是一条直线，经过几“折”之后形成向上弯的曲面。折屋制度规定：第一折为$\frac{h}{10}$，也就是把上平槫的位置从橑檐枋至脊槫的连线上下降$\frac{h}{10}$；第二折为$\frac{h}{20}$，即把中平槫从上平槫至橑檐枋的连线上下降$\frac{h}{20}$。依此类推，第三折为$\frac{h}{40}$，第四折为$\frac{h}{80}$。按照槫各点的座标位置来分析，屋面曲线是一条近似抛物线的曲线。

以殿阁为例：

假定总举高为100，

假定$\frac{1}{2}$总进深为150，

根据折屋之制计算出各点座标如图所示（图15-2-2）。

根据抛物线公式 $X=my^{n}$

假设 $m=1.5$

则可算出 $n_1=1.035$ $n_2=1.24$

$n_3=1.327$

n变化范围在1～1.33之间，接近于常数，故符合公式$X=1.5y^{1.3}$。

由此证实确实为近似抛物线。屋顶作成这种凹曲面，对排水是非常有利的，可以使屋面上的雨水产生加速度，流到檐口时向外冲出去，排得更远些。从另一方面看，屋面作成凹曲面，是针对手工操作为了弥补操作误差而采用的一种顺势处理方法。即使新盖好的建筑没有很大的误差，如果经过若干年，槫也会由于外力作用而产生不可避免的位移，造成屋面变形，折屋的处理不但避免了这些矛盾，而且求得中国古代木构建筑屋顶所特有的艺术效果。筑墙之制也远比“厚三尺崇三”的规定要进步得多了。在修立后的条目

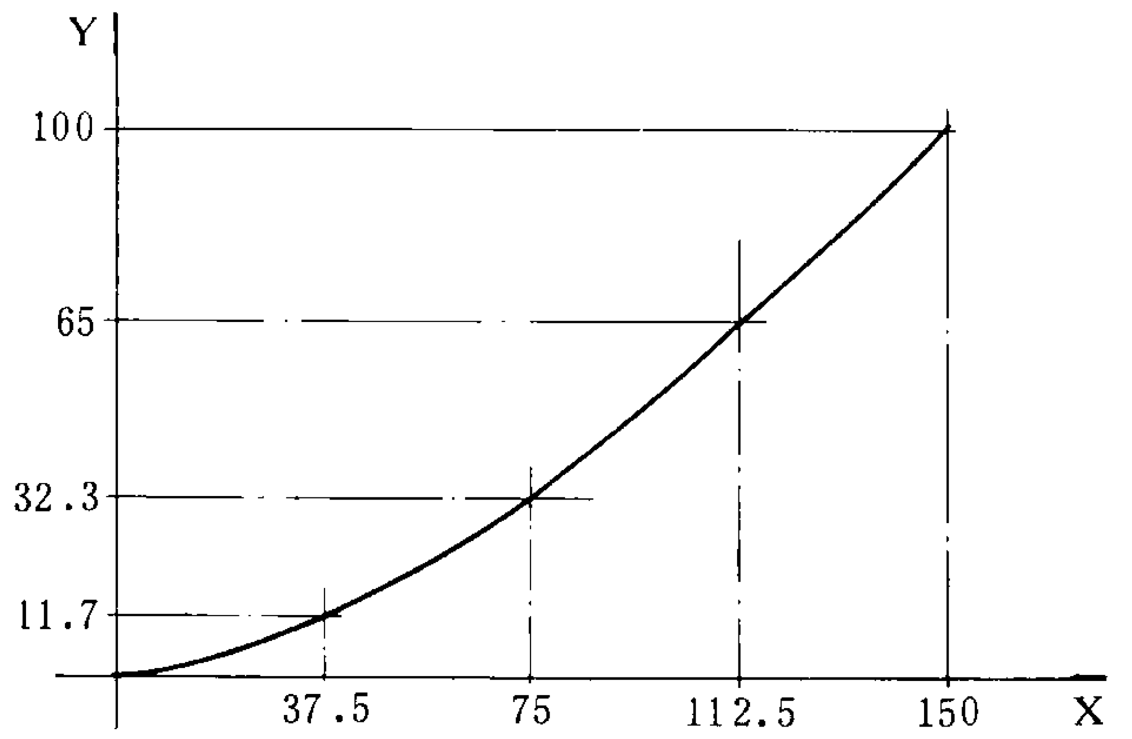


图15-2-2　屋顶举折曲线分析

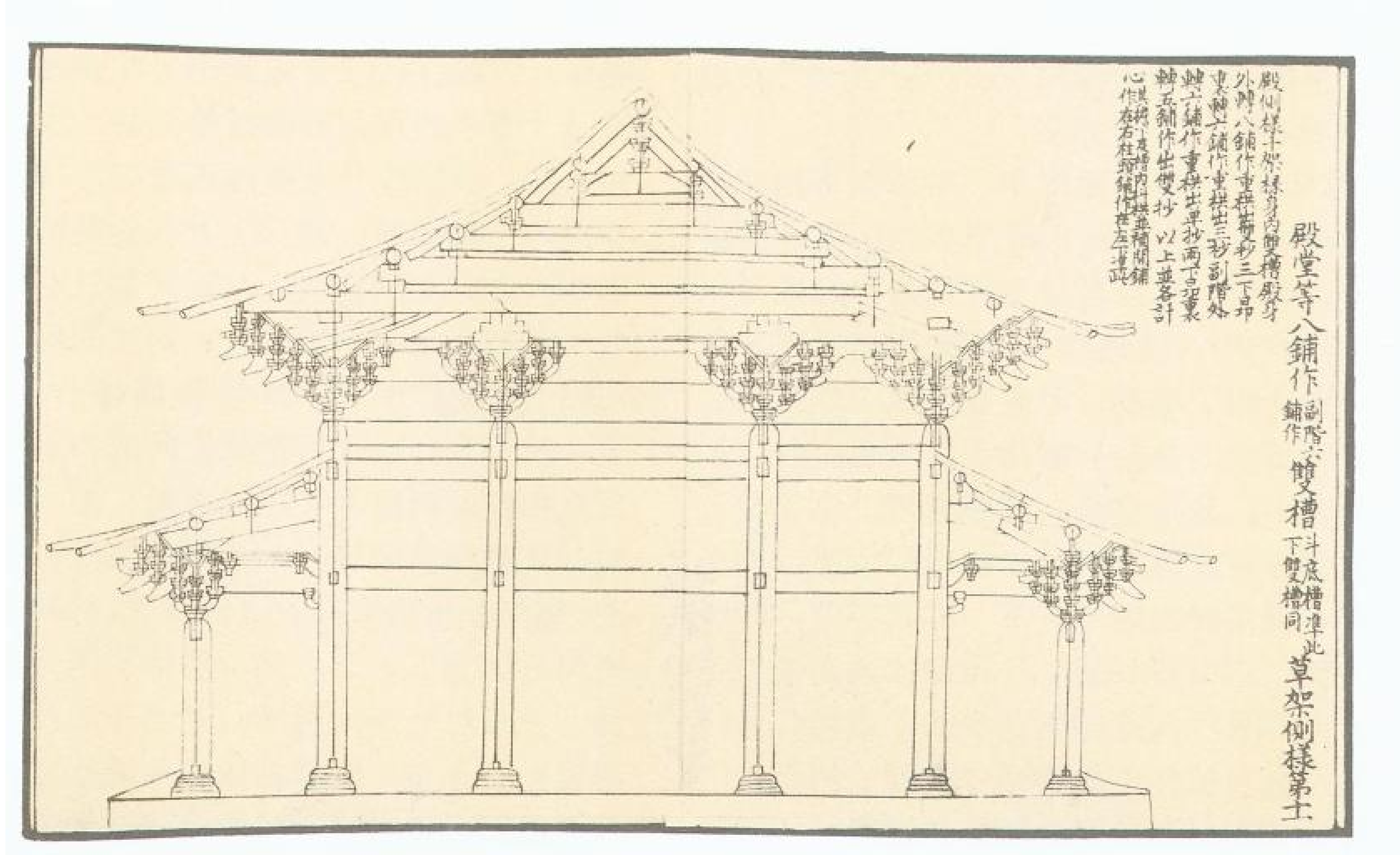


图15-2-4　侧样图

中，把墙的尺寸分类列出，分别加以规定，并依使用部位之差异各有增损，还补充了上部斜收的原则。反映了工匠对于墙的高度和厚度的关系是有较深的认识的，每种墙随使用部位的不同，有一个基本的高度和厚度，若需有增减，则不必按高与厚的固定比例关系去处理，这样可保证增时能够节省夯土的土方量，减时又有足够的安全度。这些例子说明《营造法式》能对前人的经验加以分析和提高。当然之所以有此成绩，也是基于工匠实践经验的基础上总结出来的。

《营造法式》编著的另一特点是全书图文并茂，可以相互对照，相互补充。全书共三十四卷。用了六卷的篇幅，绘制了541张图样，是制度的重要组成部分，全书只用了十三卷的篇幅说明制度，文字简明扼要。李诫对于图样的重要性作了说明："研精覃思、顾述者之非工，按牒披图，或将来之有补"。意思是说文字记述虽然经过深思熟虑，仍难免有不完备之处，有了相应的图样，相互对照，对工作更有利，所以"逐作名件内，需于图画可见规矩者，皆别立图样以明制度"作为重要的原则。

《营造法式》图样可以说是十一世纪中国建筑的设计兼施工图，是工匠智慧的结晶。所载图样有以下几类：

（1）房屋平面图（图15-2-3）：《营造法式》称为地盘图。大木作图样"殿阁地盘分槽等第"列图样四幅，一幅是殿阁身地盘图（无副阶的），九间身内分心斗底槽，其他三幅都是殿阁地盘图、

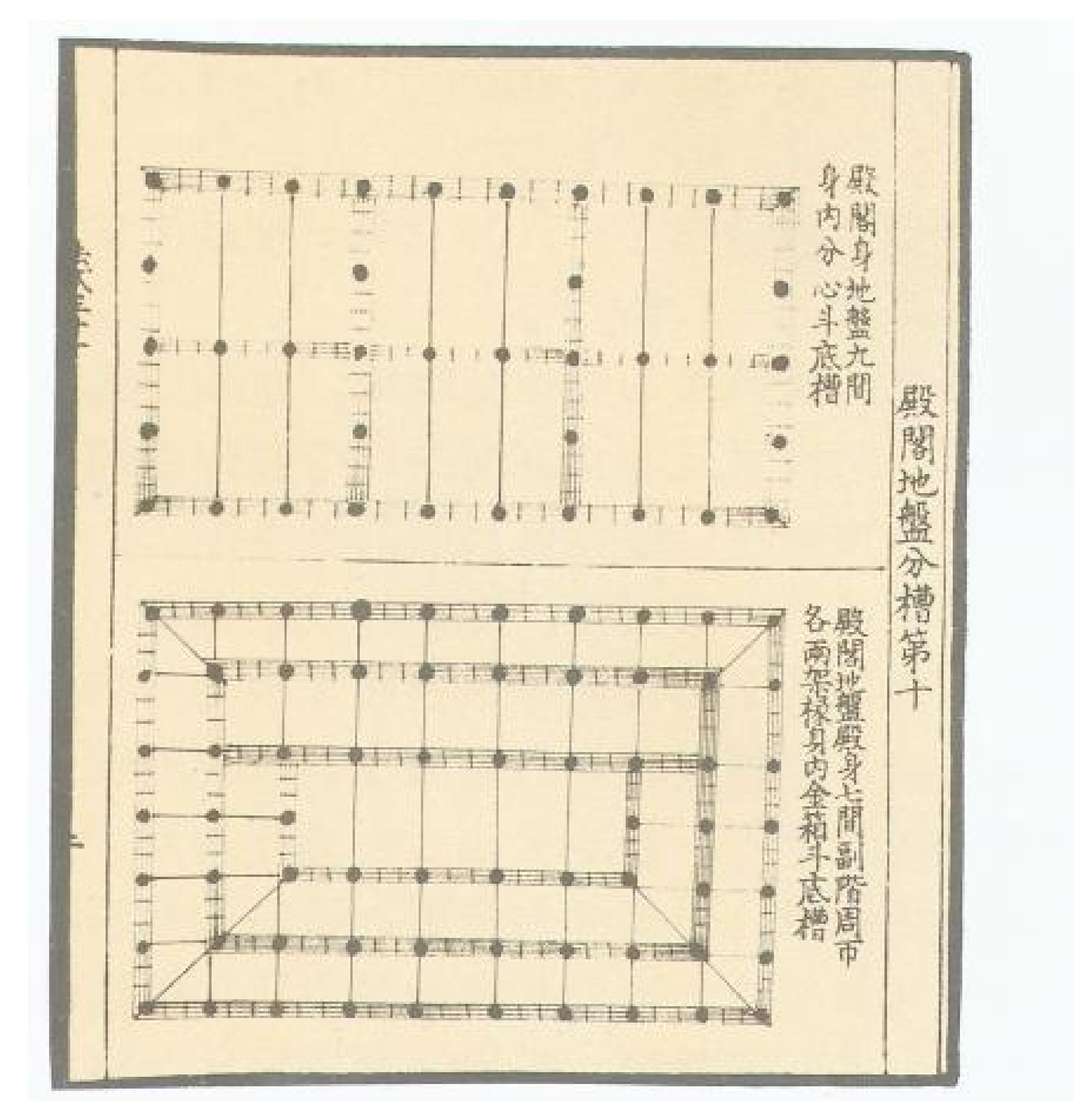


图15-2-3　殿阁地盘分槽图（宋《营造法式》）

殿身七间，副阶周边各两架椽，身内分为金箱斗底槽、单槽、双槽三种作法。间架柱位平面布置方式形如纵横交织的轴线网——柱网，房身内部依据间架分缝轴线（中线）区划成上图所示各种间架格式，即称为分槽，自凡门窗装修，截间隔断，以至梁枋间距分缝，斗栱位置以及挖地槽、安柱磉定位定线，都必须根据柱网中线来核实尺寸，瓦石土功各作一切规矩所准，都离不开木作地盘图。清代瓦作相传即称为"中线行"说明地盘图在建筑工程设计中具有重要作用。《营造法式》图样画得虽然很简单，但它说明着设计、施工的很多意图和关键的尺度关系。

（2）房屋的横剖面图（图15-2-4）：《营造法式》称为"侧样图"，它在图样中占的比重最大，是最关键的图样之一，它与平面共同决定着房屋室内空间的处理，以及梁、栿等构件的尺寸，搭接方式，构件之间的交待关系，屋顶举折之峻慢。这种图在施工过程中多放成足尺大样，画在平整的墙壁上，称之为"点草架"。

（3）建筑局部图样：如"榑缝襻间图"是建筑上半部立面投影的一部分，它着重说明放在榑下的襻间的布置方式。一般单材襻间隔间用，两材襻间则每间均用但其位置隔间上下相闪。

（4）部件图样：复杂的如一桯门或窗，简单的如一个柱础，一块石立柣或卧柣都有图样表示。

（5）构件本身的构造图：如栌斗、华栱、暗栔、下昂等构件身上何处开口，何处装榫。榫卯的形制等等均明确的绘出图样（图15-2-5）。

（6）彩画及雕刻的线条图：彩画图并注明各种色彩的部位（可惜由于版本的辗转传抄，这些注明的颜色部位很多已不准确了）。

（7）施工仪器图：主要是测量用的水平真尺，水池景表、望筒等。

《营造法式》这些图样有着极其宝贵的价值，是我们理解这本反映八百年前的建筑工程技术专著的钥匙。

文字中的重要名词、术语，及作法不依赖图样，就无从理解，例如，"卷杀"、"偷心"、"计

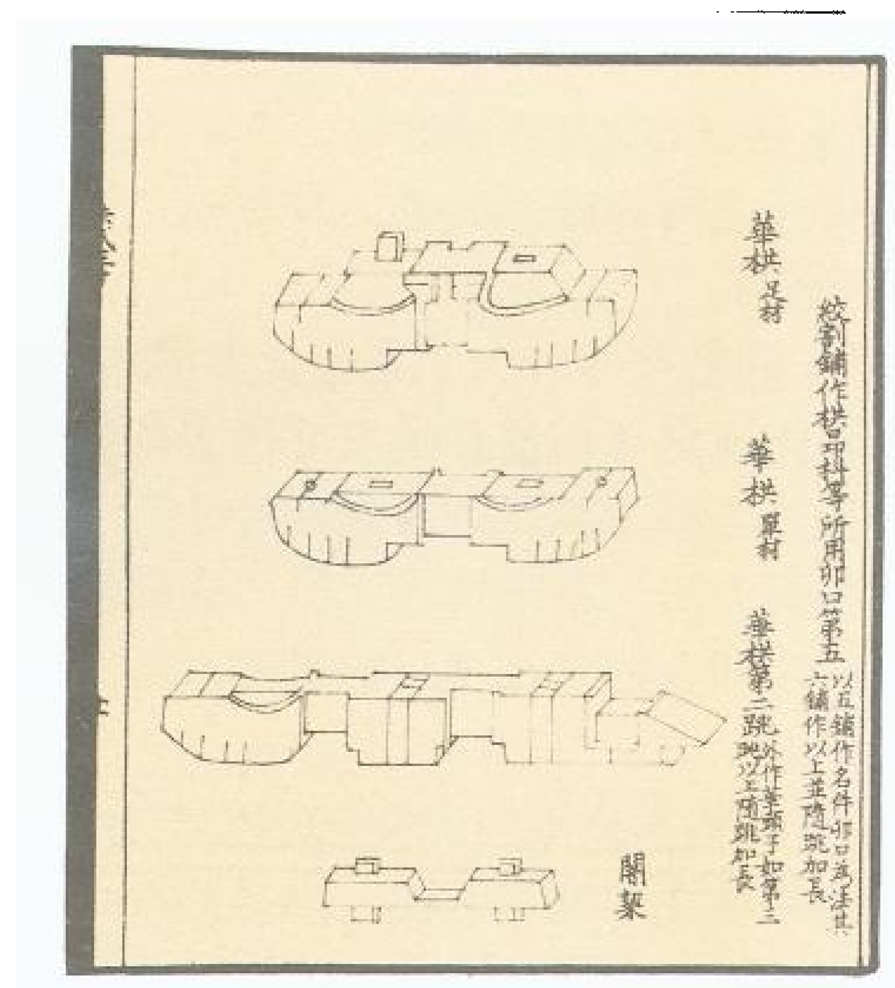


图15-2-5　栱、昂卯口

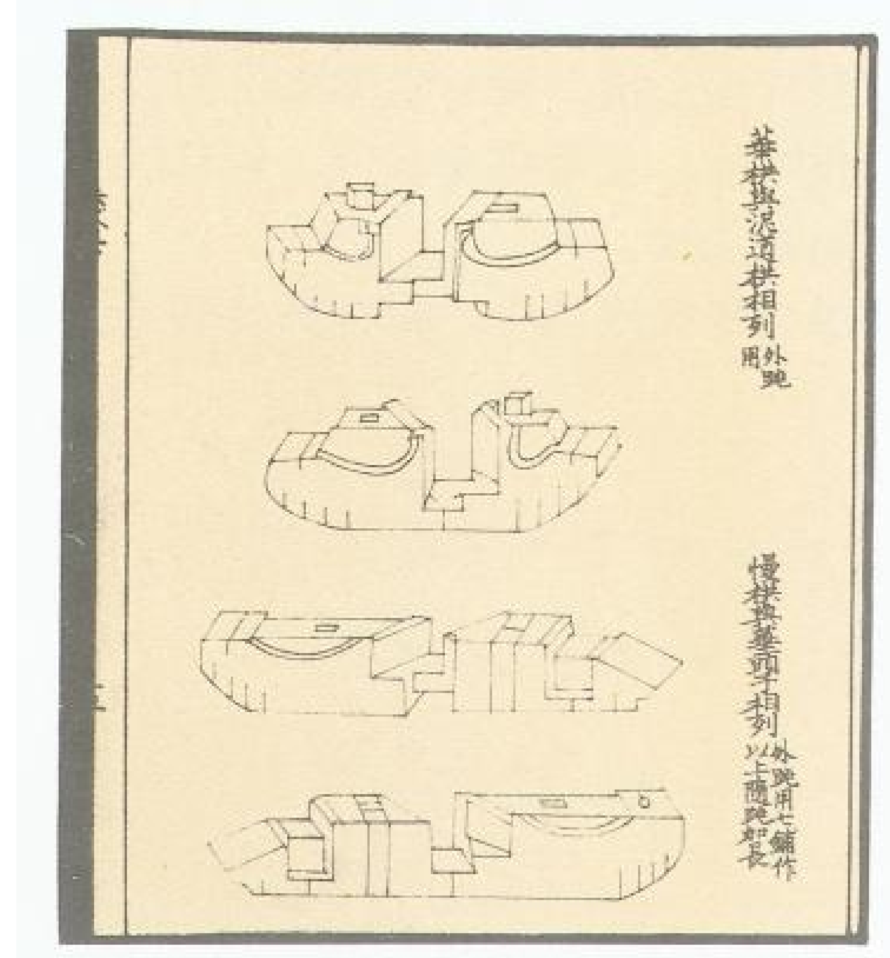
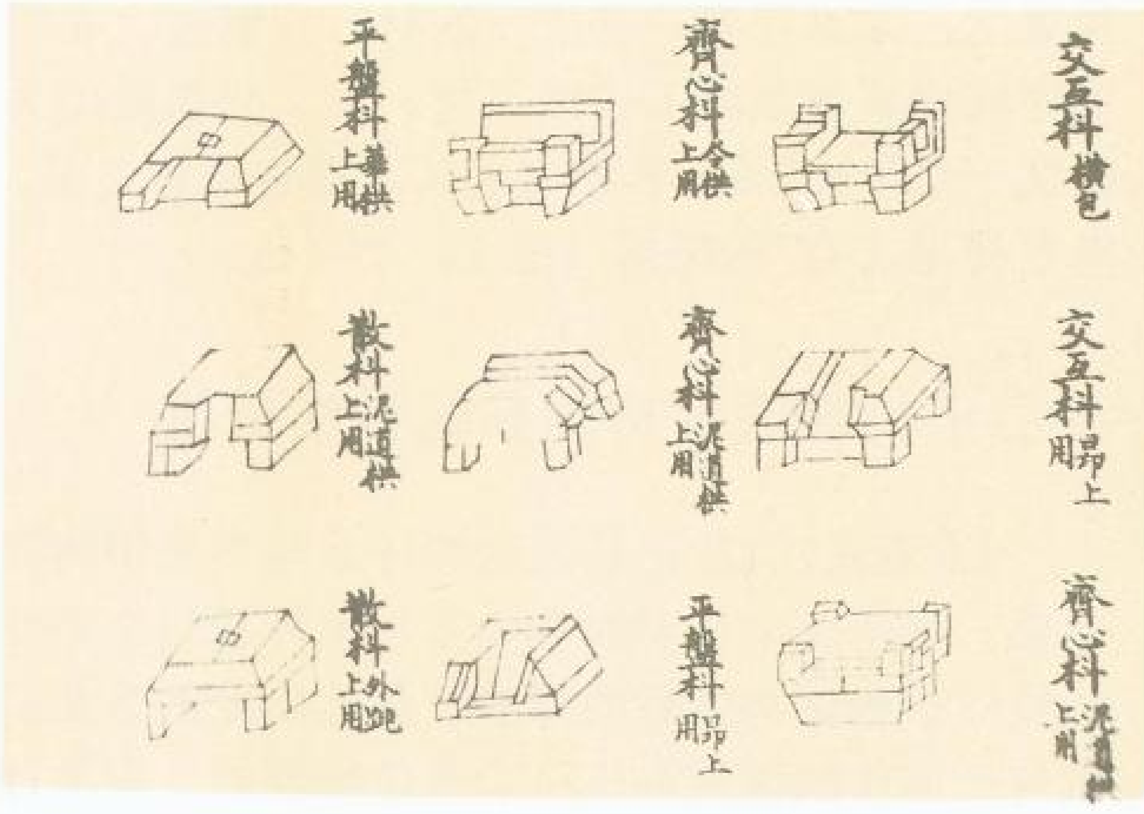
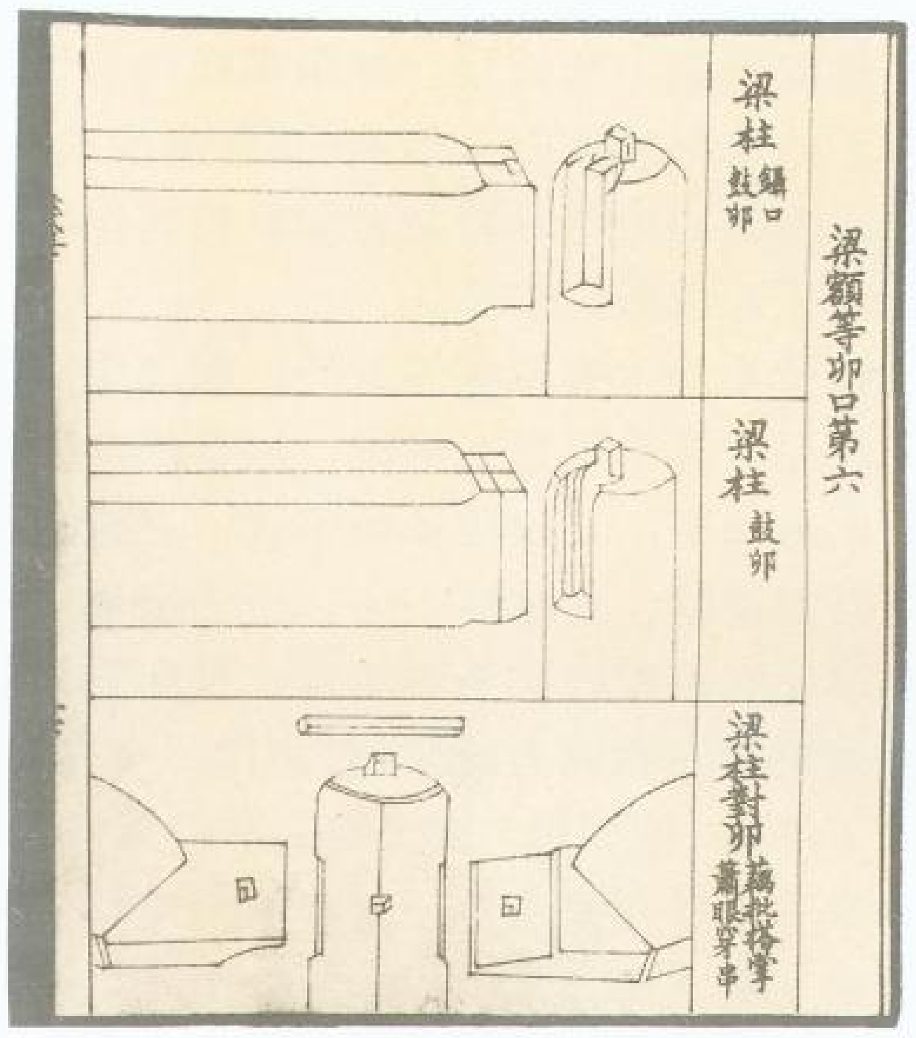


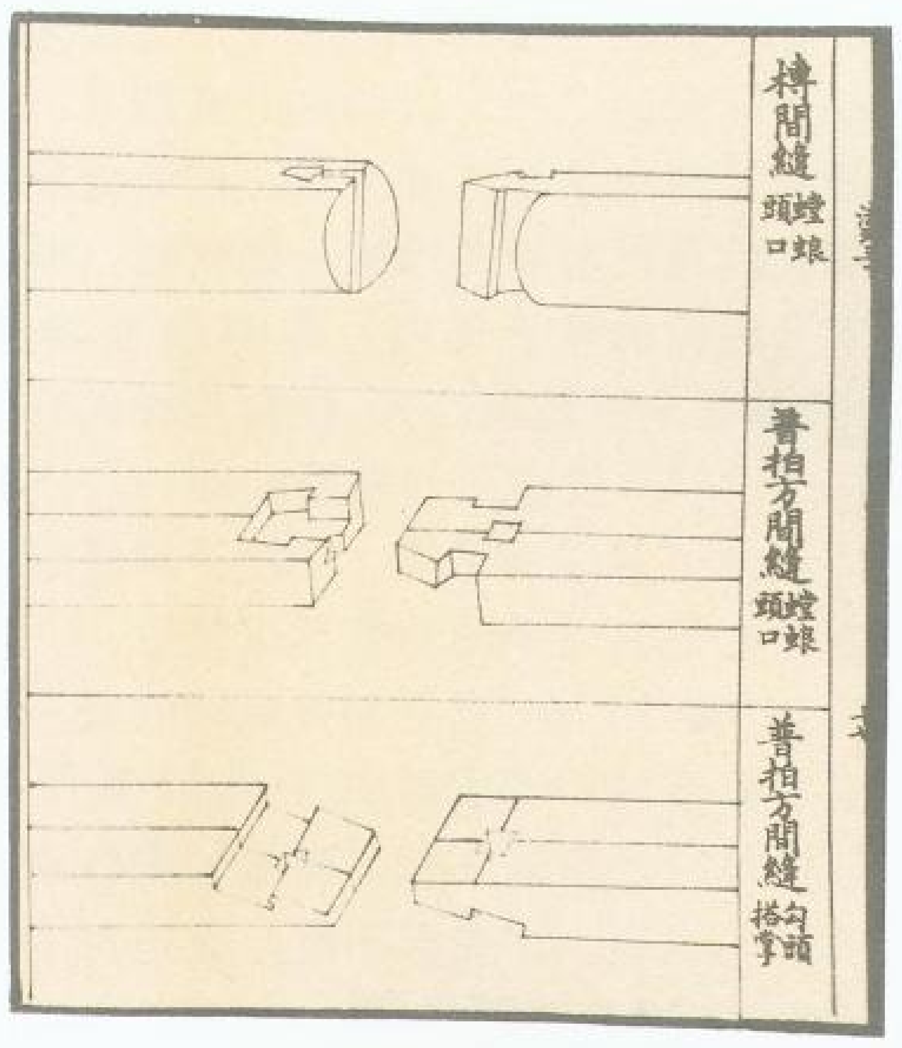
图15-2-6　列栱图

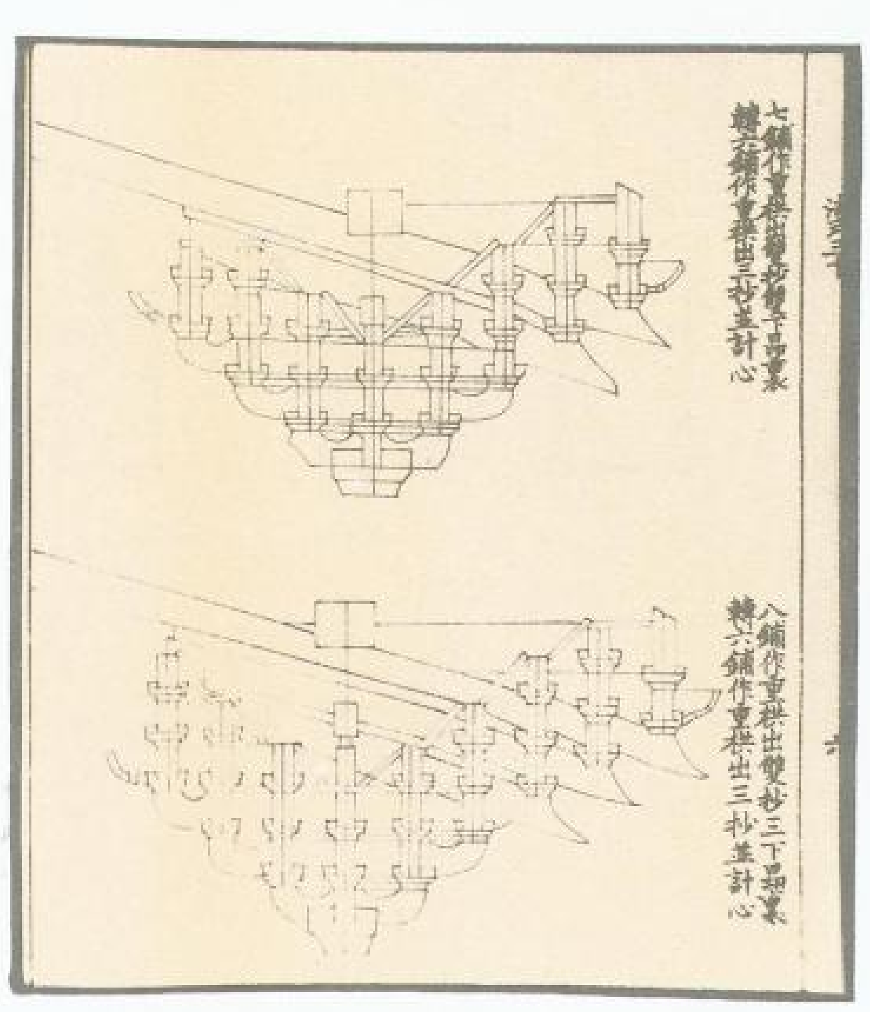
心"、"出跳相列"、"单材襻间"等等，这些名词术语在现代工匠中早已失传，有些作法也很少使用（图15—2—6）。

图样中的许多构造作法，在制度中并未记载，如每一种斗、栱、昂身上所开的卯口，是施工中必须准确掌握的，但文字中未作交待，而图样中却作了详细的交待；为了准确的说明问题，图样画法不拘一格，例如关于交互斗、齐心斗、平盘斗、散斗由于有的用于昂上，有的用于各种类型的栱


图15-2-7 交互斗、齐心斗、平盘斗、散斗构造图


图15-2-8 （1）结构构件卯口之一


图15-2-8 （2）结构构件卯口之二


图15-2-9 铺作侧样

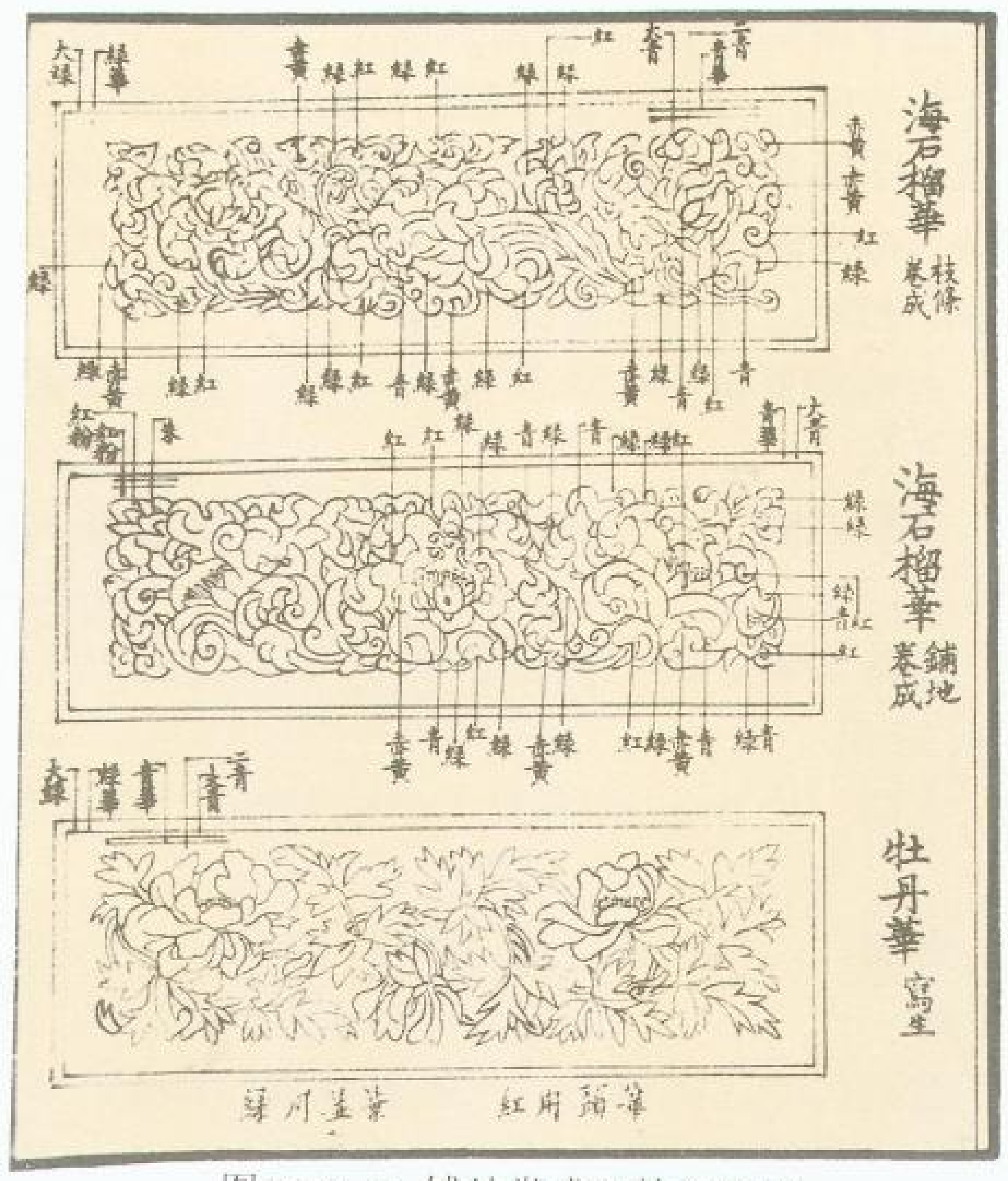


图15-2-10 铺地卷成与枝条卷成

上，因之开的卯口各不相同，《营造法式》中画了九种情况（图15-2-7），并根据每种情况的关键所在从不同的角度画，有的仰着，头朝上，有的底朝上，表达了绘图者的匠心。图样中往往还反映着工匠们加工的过程，如何下墨线，哪些是要砍杀掉的多余材料，这在栱、梁、柱等的卷杀图中均可见到。对于木料的拼装、卯合，也专门绘制详图，如柱子用两块或三块木料拼装起来，画了纵横剖面和立体图，并特意算示出暗鼓卯的位置。又如梁与柱，槫与槫、普拍枋与普拍枋如何连接，专门绘制了卯口图，梁与柱用镊口鼓卯，梁柱对卯用藕批搭掌，槫间缝用螳螂头口，普拍枋间缝用螳螂头和勾头搭掌等，这些都是古代木构节点作法的珍贵资料（图15-2-8）。

有些图样是把制度中讲述的各种构件的形制、用法加以综合绘制出来的，如一组斗栱的侧面投影，告诉人们各种零件之间的咬接关系，尤其是对上昂、下昂的交待，在文字中很难阐述得清楚准确，只能借助图样来说明（图15-2-9）。

对于一些艺术形象的风格，更需要用图样来表现，而不能只凭文字描述。《营造法式》对于石作、小木作中的各种石雕、木雕的形制、纹样，均有图样。表现出精细、工整的风格，彩画制度的花纹图案，要求表现的各种艺术风格更加复杂，例如要求花纹风格饱满不见枝条的“铺地卷成海石榴华”，要求花纹轻秀多姿微露枝条的“枝条卷成海石榴华”，在卷33彩画图样中均分别作了描绘（图15-2-10）。对其不同风格至今仍可分辨。

但由于这部分图样，难度较大，艺术性强，经过几百年的展转传抄，流传至今的一些版本，与宋本的风格已有较大差异。从宋本残叶并对照后来的几个版本，尚可见到当时工匠绘图的水平，线条熟练流畅，并具有较高的构图技巧。

三 《营造法式》所反映的宋代建筑技术成就

（一）以材为祖的木结构模数制

在中国木构建筑的发展过程中，工匠们逐渐总结了一套用统一的模数来衡量构件尺寸的作法，但它不同于今天的模数概念，而是用结构构件的一个局部，作为一个标准衡量单位。这就是《营造法式》中所记载的“凡构屋之制、皆以材为祖，材有八等、度屋之大小，因而用之”的材、分制度。

“材”是木构建筑中的构件“栱”的断面，它本身的高宽比为3：2，再将高分成15份，宽分成10份，其中的一份称为分。对于材的高，《营造法式》称为“广”，“广”也是用作衡量构件的一个名词。有时还用“栔”为衡量单位，“栔”是重叠的两层栱或枋之间的断面，广6分厚4分。材加栔称为足材，例如“华栱为足材栱”，就是指其断面广为材上加栔共21分。又如“柱径为两材两栔”即 2×15分＋2×6分＝42分。

《营造法式》把材分为八个等级，并规定了其不同的使用范围和尺寸（见下表）。

材的这八个等第之间的尺寸，既不是等差级数，又不是等比级数，从它们的使用范围，可以看到它们成组变化的一些规律，第一组包括一、二、三等材，多用于大殿；这组内每等材之差都是0.75寸（广）×0.5寸（厚），第二组包括四、五、六等材，多用于小殿和厅堂，这组内每等材之差均为0.6寸（广）×0.4寸（厚）；第三组包括七、八等材，多用于亭、榭及殿内藻井，每等材之差仍是0.75寸（广）×0.5寸（厚）。三组之

等级	一等材	二等材	三等材	四等材	五等材	六等材	七等材	八等材
尺寸	9寸×6寸	8.25寸×5.5寸	7.5寸×5寸	7.2寸×4.8寸	6.6寸×4.4寸	6寸×4寸	5.25寸×3.5寸	4.5寸×3寸
使用范围	殿身九间至十一间则用之	殿身五间至七间则用之	殿身三间至殿五间或堂七间则用之	殿三间厅堂五间则用之	殿小三间厅堂大三间则用之	亭榭或小厅堂皆用之	小殿及亭榭等用之	殿内藻井或小亭榭施铺作多则用之

间在使用范围上有些交叉，例如有些大的厅堂也用到第一组的三等材，因此第一组的三等材与第二组的四等材在长期的运用中逐渐接近，所以三、四等材之间的差只有0.3寸(广)×0.2寸（厚）。而第三组的亭榭、藻井与第二组的厅堂，从使用要求上看，无论对于材料强度的要求，还是对于比例尺度的要求，两者差别是较大的，所以两组材之间的差也大一些，广差0.75寸，厚差0.5寸。材的八个等第分成三组，在大木作制度中，多处

有所体现，卷五中规定的梁、柱、槫、椽尺寸，都是以“殿阁”、“厅堂”、“余屋”分类给出材、分的。例如柱径，殿阁用二材二栔至三材；厅堂用二材一栔；余屋用一材一栔。因此可以认为“材”的尺寸分组变化是与建筑的等第密切相关的，由于建筑等第的不同，对于构件强度的要求也不同，在使用中，八个等第互相配合，既能使一组建筑群中每幢建筑有不同的比例尺度，又能使大小不同的建筑上所用的各种构件，具有合适的材料强度来满足其受力的需要。《营造法式》卷三中有这样的规定：殿阁的副阶（大殿的周围廊）和夹屋（大殿两侧的耳房）的用材均减殿身一等；廊屋（院子中的廊子）的用材又减夹屋一等。这反映了副阶由于进深比大殿小，夹屋由于开间，进深都比大殿小，所以它们的构件强度可以低于大殿，故用材减殿身一等。廊屋与副阶、夹屋的关系也是如此，所以用材又降低一等，这样既保证了结构的安全，又能减少浪费，而且使得建筑群的主次分明，大小得体，艺术效果完美。

材、分制是我国古代木构建筑中特有的作法；早在汉代的石阙上，这套概念已有体现，唐代建筑中已可看到材、分制的熟练运用，但最早见于文字记载的当属《营造法式》。它的产生与中国古建筑的特殊的结构方式是分不开的，同时又与当时在官式建筑工程中采用手工业分工协作的生产方式密切相关。

我国官式木构建筑长期采用构架式结构体系，它是由梁、柱、槫、椽以及斗栱等若干个构件组合而成，其中特别是斗栱，到了唐、宋已经发展成由几十个乃至上百个构件拼装在一起。经过多年的演变，这些构件，已经逐步走向标准化，定型化。例如一朵斗栱，尽管有几十个构件，工匠们已经把斗归纳成栌斗，齐心斗、交互斗、散斗四种类型；把栱归纳成华栱、泥道栱、瓜子栱、慢栱、令栱五种类型。并把它们的交接节点进行统一，例如挑出的华栱与平行于建筑立面的栱十字相交时，平行于建筑立面的那几种栱，即泥道栱、慢栱、瓜子栱等栱身上的开口都是同样的宽度，以便使华栱能够拼入这个开口中，而华栱本身也做了加工，在栱身正中开了槽。类似的节点均采用此种方法处理。更重要的是工匠还把所有构件的平、立、剖及开榫尺寸，都用材、分为单位来衡量。材、分制不仅用于斗栱，而且用于木结构的各种构件，形成一套完整的制度。

由于我国木构建筑的型式和大小，都受到材料和结构的限制，为了满足不同的功能要求和封建等级制度的需要，不得不靠连系体重的变化和组成建筑群等手法来满足，而建筑的细部构件在型式基本变化不大的情况下，其强度和比例尺度都要求能够有相应的变化。为了适应这种变化，工匠们创造了巧妙的办法，就是通过改变材的等第来完成。这时，材、分制度的优越性更加显示出来。例如一组最简单的建筑群，有主殿、配殿、廊屋、大门；主殿并带有副阶。假定主殿用一等材，根据用材制度则可知：副阶用二等材；配殿用二等材；大门用二等材；廊屋用三等材。它们采用的斗栱型制也随等第而定，参照《营造法式》侧样图中所绘情况，大殿用八铺作（双抄三下昂），副阶用六铺作（单抄双下昂）减殿身两铺作。则可知：配殿用七铺作，大门用六铺作，廊屋用五铺作（减副阶一铺）。这时每幢房屋上的斗栱大小各不相同。以第一跳栱为例：

大殿殿身第一跳华栱长 4.32 尺　宽 1.26 尺　厚 0.6 尺

大殿副阶　　华栱长 3.96 尺　　宽 1.55 尺　厚 0.55 尺

配殿　第一跳华栱长 3.96 尺　　宽 1.55 尺　厚 0.55 尺

大门　华栱长 3.60 尺　广 1.05 尺　厚 0.5 尺

廊屋　　华栱长 3.60 尺　　广 1.05 尺　厚 0.5 尺

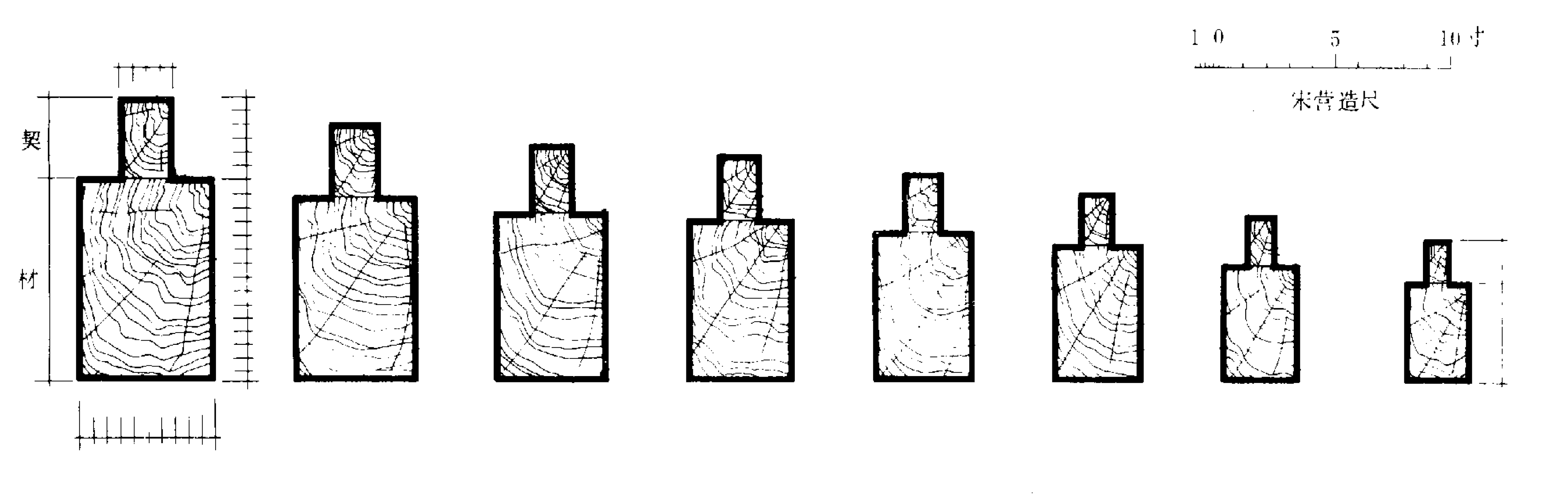
除了这些尺寸之外还有每只栱栱身开口位置，大小深浅，栱的卷杀瓣数、瓣长等等尺寸，不胜其繁。如果使用材分制，只要掌握第一跳华栱长72分，广 21 分，厚 10 分，卷杀瓣长 10 分，共四瓣，以及开口、开榫的分数，便可按事先规定好的材、分标尺（丈杆）去放线（这个建筑群用材等第只有三种类型，材、分标尺也只需三个），就可得到这几种不同尺寸的华栱了。这样既便于记忆，又可避免误差，大大提高了工效。

这样作与当时的生产力水平是完全适应的，因为在当时施工时并不使用施工图纸，有关工程作法规格尺寸的要求，多由主持工程的都料匠（掌握尺寸的大木匠）总领其成。按着做法规定要求、分派活路，间架结构在现场放侧样、定尺寸——点草架，把足尺大样画在墙壁或平地，按尺寸打截料；定开间屋深，测平放线，都由掌握尺寸的匠人统一指挥，而且一般工匠本身掌握一套熟练的技术经验。当工匠们去完成一个复杂的建筑群组施工任务时，要了解了建筑群的规模和主要房屋的用材等第、功能、材料情况，便可按规定要求进行操作。在施工过程中，分工协作，工匠们按照本身的技术等第，分别从事加工难易程度不同的构件制作，例如作梁柱的工匠专门做梁柱，它要把一个建筑群中若干幢建筑的梁柱都做好，而作斗栱的工匠又要把若干幢建筑上的斗栱都做好，最后再把加工好的构件准确地拼装在一幢幢建筑上，如果没有一套统一的材、分制度，是很难完成这样复杂的工作的，材、栔、分制就成为控制“屋宇之高深，名物之短长，曲直举折之势，规矩绳墨之宜”的根据（图 15-2-11）。

(二)宋代建筑木构体系的科学价值

《营造法式》所记载的木构体系基本采用构架体系，书中大木作制度和大木作图样较为全面地反映了这种结构体系的面貌。虽然制度的条文是以每个构件的形制和作法为单位编制的，但透过这些具体作法，却可以看到这种结构体系的科学性，它表现在结构能具有足够的强度，同时又有好的弹性变形能力和延性。在距离现代力学蓬勃发展的十八世纪将近七百年前的《营造法式》，能够记载出木结构中许多符合力学原则的作法，是古代劳动工匠智慧的结晶。

构架体系的主要特征表现为，横向采用叠梁式梁架，屋深几椽该用几椽栿，以椽的水平投影来计算梁的长度，二椽的长叫平梁，三椽长叫椽栿，还有四椽栿、五椽栿……以至十椽栿，每条梁的两端均有斜置的叉手和托脚，横向梁架是承受屋盖重量的主要受力梁架。在房屋纵向有阑额、由额上下平槫，顺脊串，襻间等一系列纵向构件。构件一般采用榫卯来连接，梁与柱的交结点用一组斗栱来完成。房屋的外檐柱均作“生起”和“侧脚”，“生起”就是以当心间的檐柱高度为准，两侧次、梢间的柱子逐间生高二寸，直至角柱，如三间房角柱升高二寸，五间则升高四寸，直到十三间角柱升高可达十二寸。当心间的檐柱称为平柱。侧脚就是把房屋四周的一圈檐柱（有副阶的包括房身周围的柱子在内）按侧脚直墨竖立（柱头心按墨线对准柱础心），柱脚则微向外侧略偏（图15-2-12），使柱子与地面成89.4°～89.5°的倾角。檐柱下部还有地栿，把柱子串连起来。内柱布置根据建筑功能使用情况来排立，一般大殿在进深方向可用内柱把空间分成两间或三间，如上文各种分槽的格式布局由于大殿多作有天花，所以内柱并不直通上部，而是与檐柱或有副阶的殿身柱子同高。厅堂则不然，在进深方向一个排架内，内柱可以布置一根、二根、三根、四



	第一等	第二等	第三等	第四等	第五等	第六等	第七等	第八等
材	9 × 6	8.25 × 5.5	7.5 × 5	7.2 × 4.8	6.6 × 4.4	6 × 4	5.25 × 3.5	4.5 × 3
栔	3.6 × 2.4		3 × 2			2.4 × 1.6		1.8 × 1.2

图15-2-11　材栔断面图

根，柱子可以直通向上，上部不安天花的，梁架直接暴露出来，称为彻上明造。

对于这种结构体系的科学价值，现从以下几方面进行分析：

（1）科学的构件断面尺寸：《营造法式》对构件的某些具体尺寸规定得很细，这不仅是出于为生产制作的目的，更重要的是体现工匠们对结构件受力特征的认识。例如梁、栱等构件的断面，高宽比均采用三比二，这反映了工匠们已经体会到梁、栱等构件在受弯时，高度大于宽度更有利，这样的断面尺寸与现代力学计算的结果大体接近。不过对于梁的全部受力情况的认识还是有局限的，以十架椽身内单槽用三柱，带副阶的大殿当心间梁架为例进行分析（图 15-2-13)：

①梁架中所有的梁均可看作是简支梁；

②天花下的月梁受力很小，不必进行验算；

③天花以上的八椽栿实为两个短梁，故不会出现最大的应力。

④现仅就平梁、四椽栿、六椽栿为例进行验算，其结果如下：

梁的弯曲应力为允许应力的1/3—1/4；剪应力超过允许应力的1/2。从梁上荷载分布情况看，其中只有平梁是在垮中受集中荷载；四椽栿、六

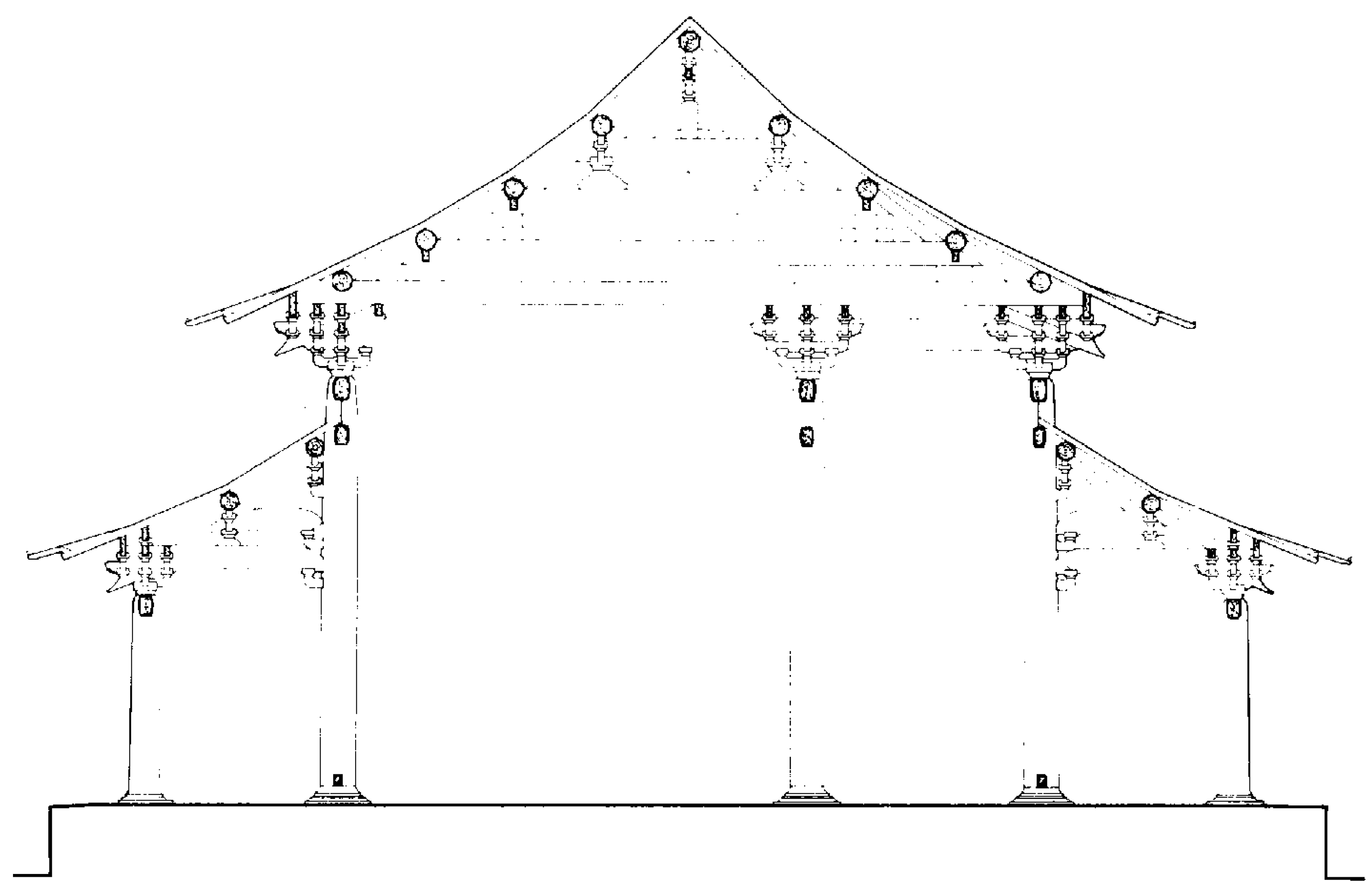


图15-2-13 殿堂五铺作副阶四铺作单槽草架侧样

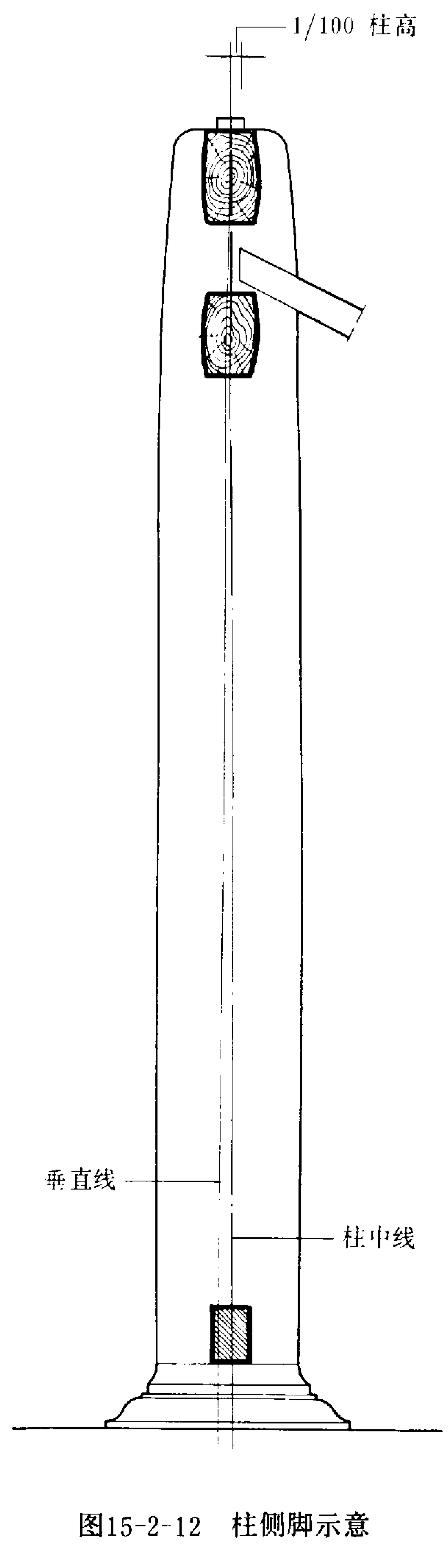


图15-2-12 柱侧脚示意

椽栿的荷载是靠近支座的，这样就使梁的中段均匀受弯，有利于发挥木材材质均匀的特点。

梁的支座处虽然由于开了一抱榑口，断面稍有削弱，会对抗剪造成不利，尤其采用梁首八斗口的处理，支座处的断面只有一材，所以计算出来的支座断向的剪应力只有允许剪应力的1/2，甚至接近允许剪应力。但由于支座本身较宽，使至受最大剪力的截面向内移，躲开了梁首只有一材的断面，弥补了抗剪之不足。

总的看当时对于梁抗弯的认识比对抗剪的认识要深入些，但是无论对于抗弯还是抗剪都不可能进行计算，从《营造法式》条文中也反映了这点，例如《营造法式》对于有些不同跨度、不同荷载的梁，都规定了相同的断面（如八椽栿比六椽栿的长度增加了1/3，荷载也增加很多，但断面尺寸均为宽四材，厚二点七材）。但由于安全系数较大，材料有一定的富裕，所以矛盾并不突出。

（2）合理的榫卯节点：木结构节点采用榫卯是保证结构安全的重要一环，《营造法式》所列的榫卯可以分成四种类型：

①斗栱的榫卯多为十字交叉、上下咬接的形式，只有暗梨采用肖眼穿串的办法(图15-2-14)。

②榑与普拍枋等横向平接构件采用“螳螂口”和“勾头搭掌”等榫卯。

③柱子与梁（这里指的实际是阑额，由额）的节点榫卯采用“镊口鼓卯”或“梁柱对卯耦批搭掌”等类型的作法。

④柱子的拼合，采用暗鼓卯和银锭榫（图15-2-15)。

《营造法式》在总例中提出在下料时要“别计出卯”，对于构件上开凿的榫卯既有详细的形制，又有得当的部位，有些榫卯尺寸要求很严，是对构件受力认识的重要体现。例如栱上的开榫，对于出跳的华栱，具有一般悬臂梁的受力特征，上部受拉，底部受压，《营造法式》规定华栱开榫在底部，且开口深度仅限于五分，控制在栱断面高度的1/3（单材栱）或1/4（足材栱）以内。其它类似华栱的构件，如骑槽檐栱、昂等，也都采取底面开榫的处理。对于起联系作用的横栱，如瓜子栱、慢栱、令栱等受力不大的构件，按构造需要在上部开口，深十分，以便与华栱等构件咬合。对于骑在梁上或与梁相交的栱，多为构造需要而设置的构件，所以只规定“栱口大小各随所用。”

榑，普拍枋的榫卯，由于主要要求保证两者的拉接牢固，不致因受到各个方向水平力的作用

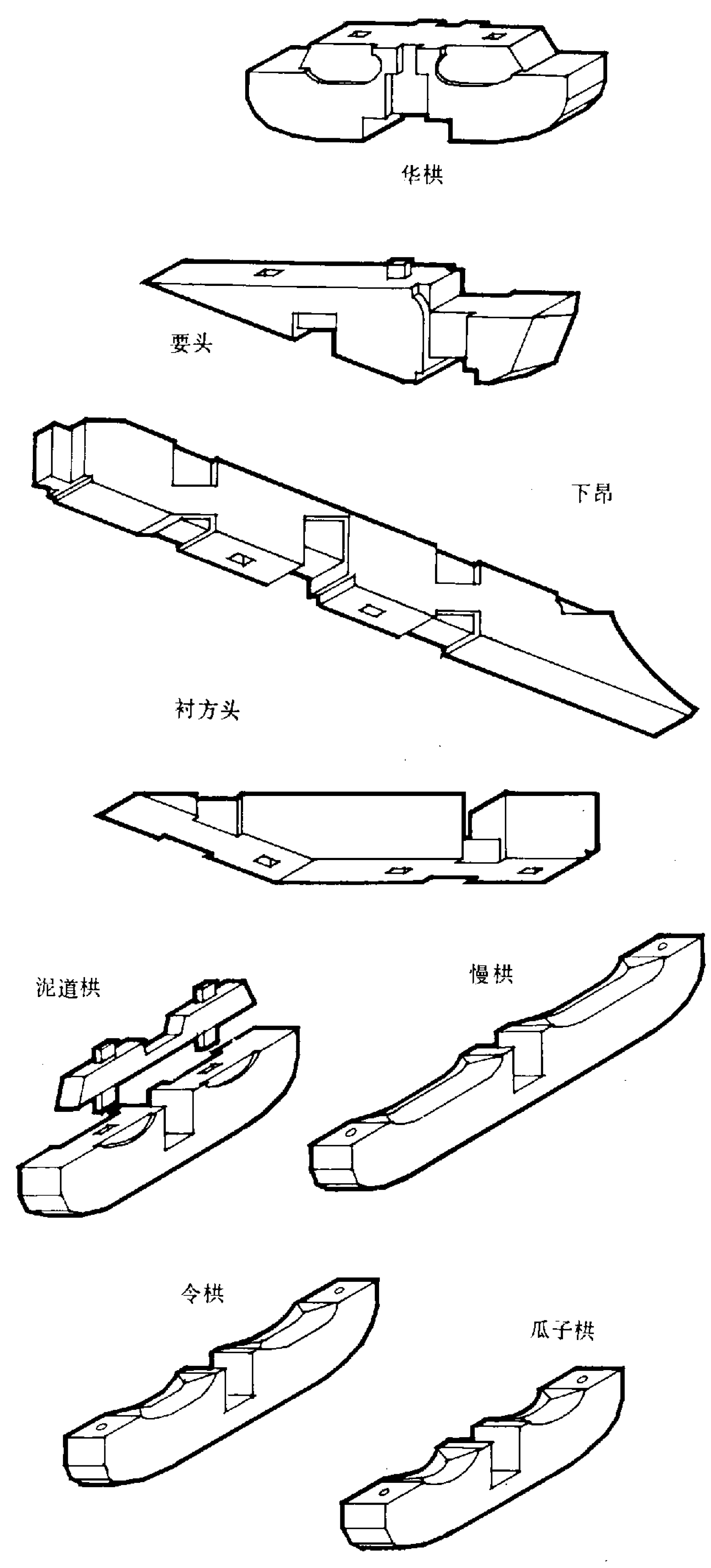


图15-2-14 栱、昂等构件卯口图

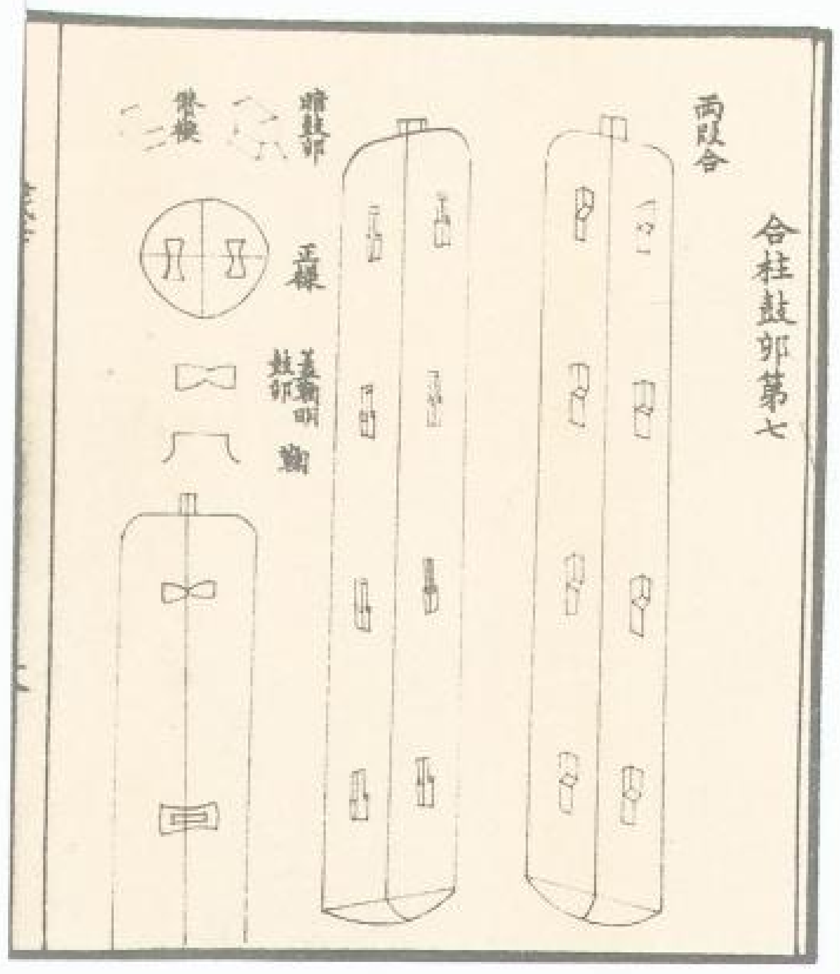


图15-2-15 拼合柱

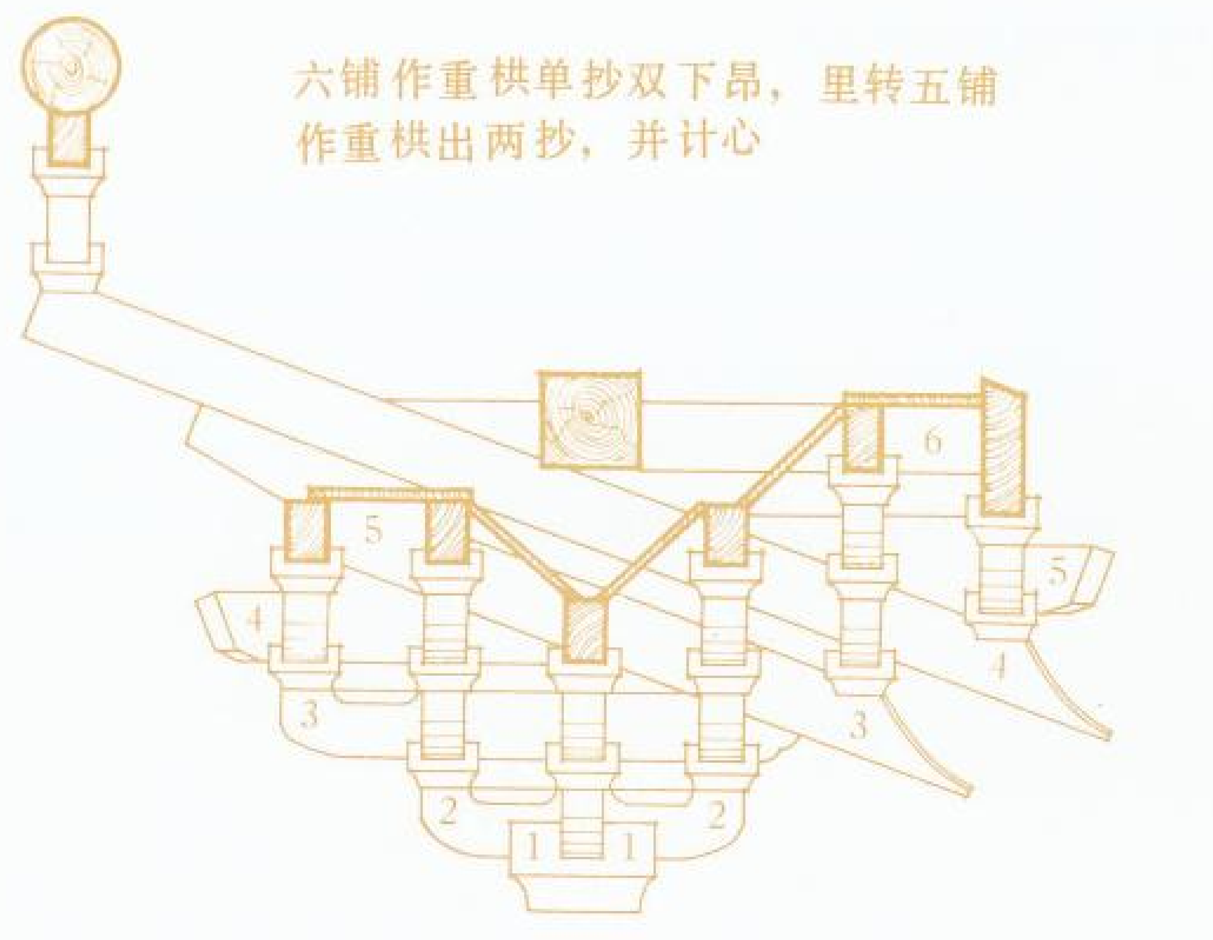


图15-2-16 铺作数目计算示意图

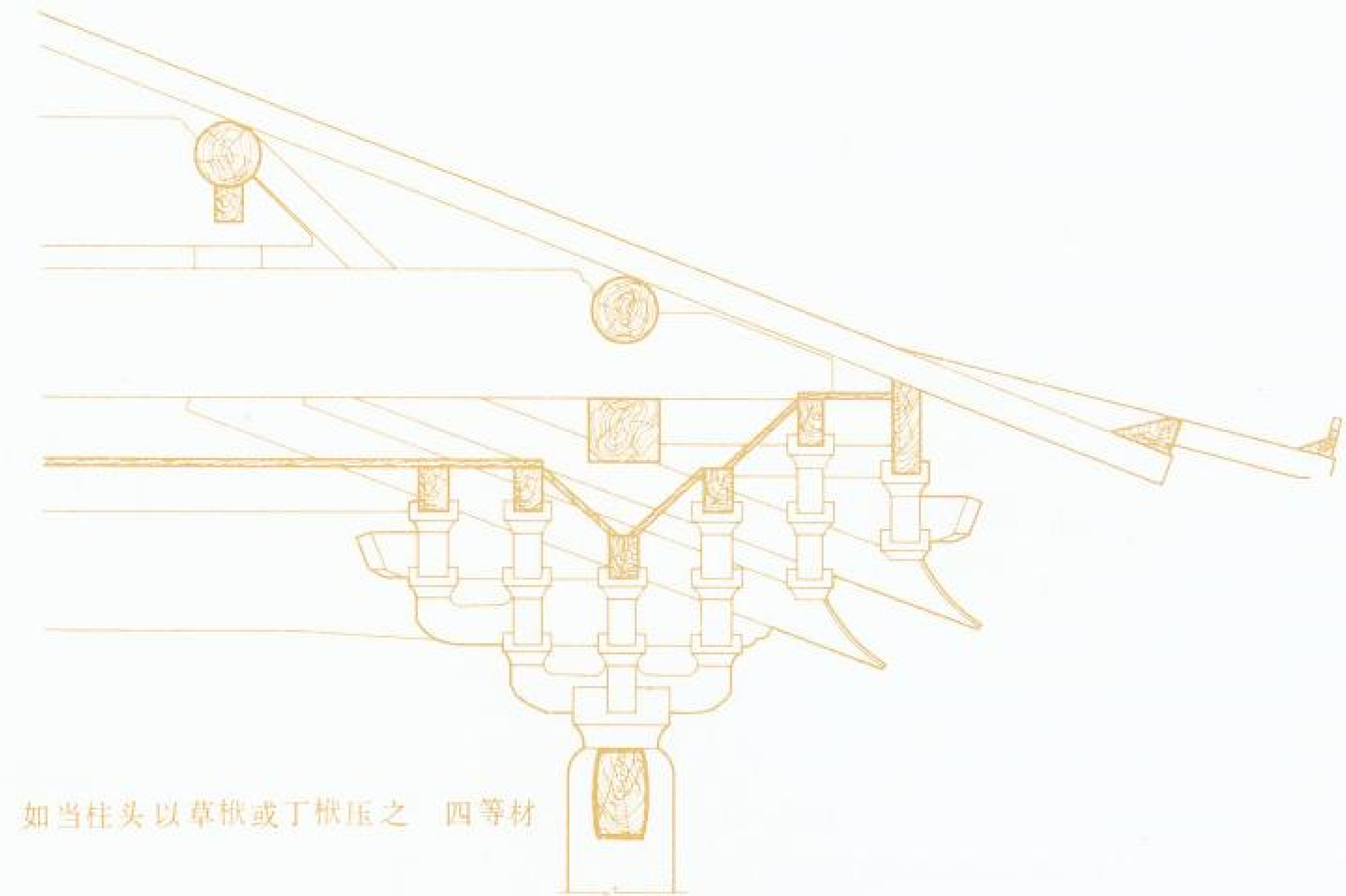


图15-2-17 外檐铺作之一

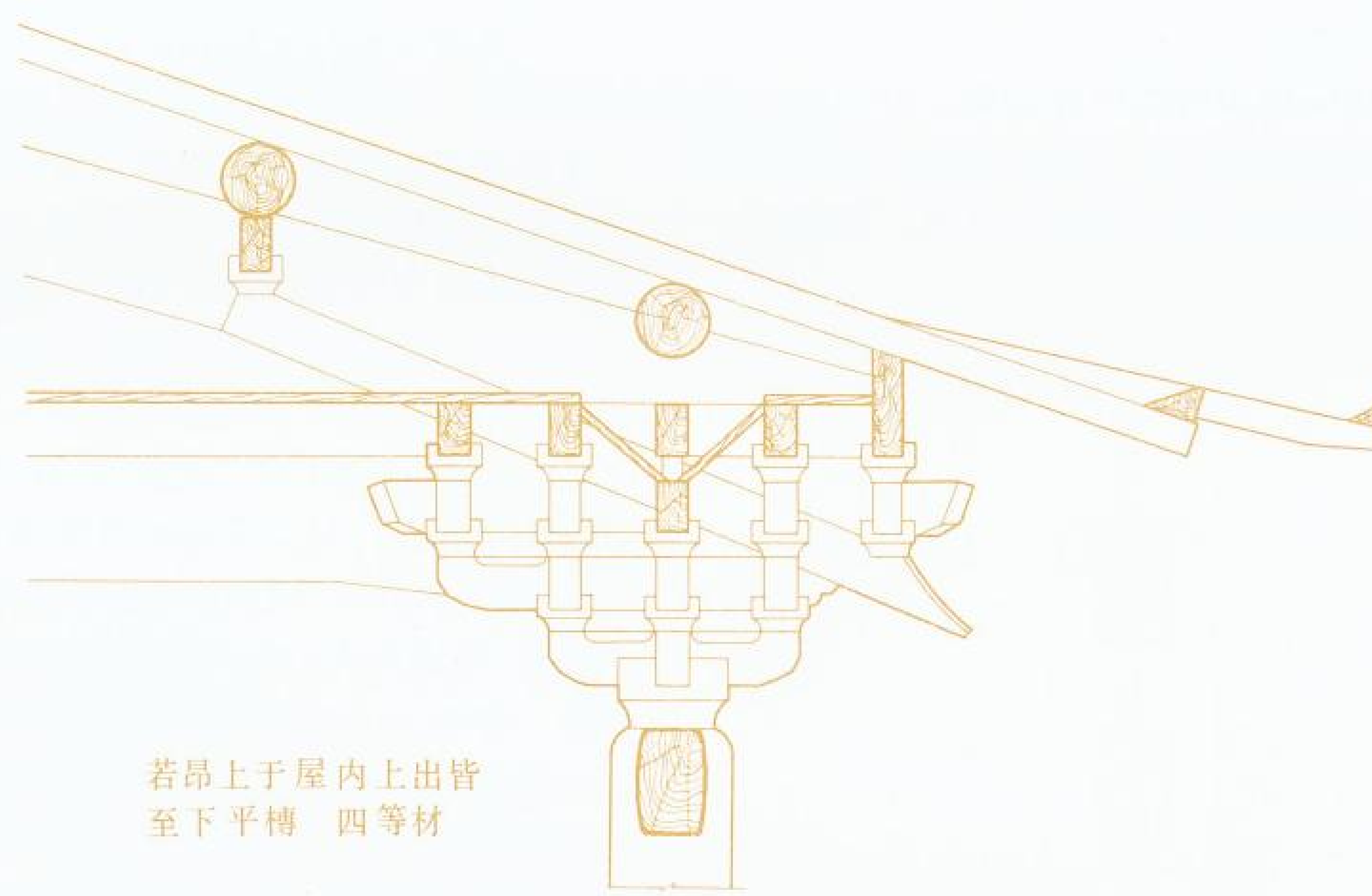


图15-2-18 外檐铺作之二

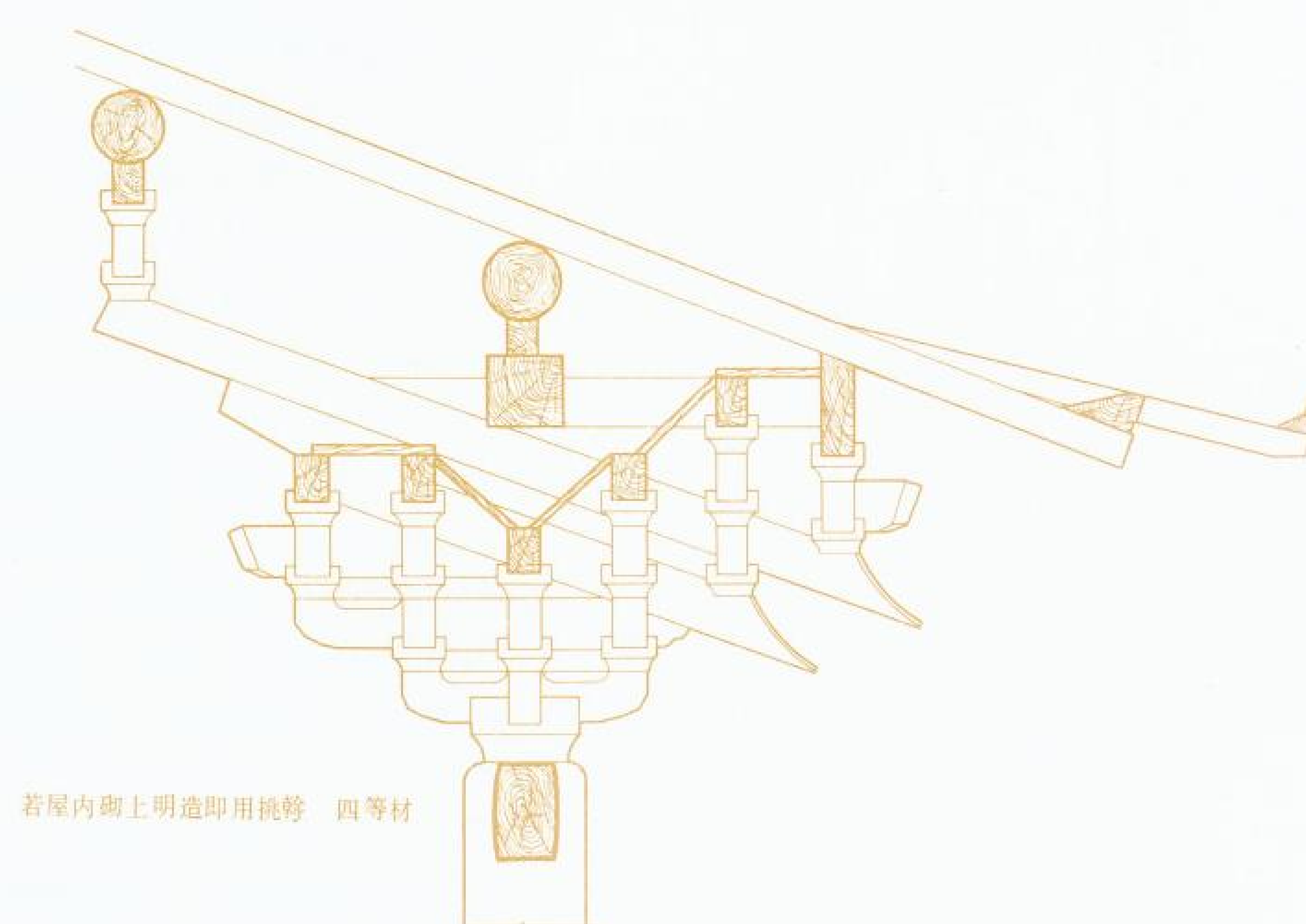


图15-2-19 外檐铺作之三

而引起错位、松动、脱节，因此采用螳螂头口这类使构件能够紧密的勾在一起的榫卯。

（3）斗栱的形制和作用：斗栱在整个构架体系中有着重要的结构作用。《营造法式》把一朵斗栱称做"铺作"。总铺作次序规定出一跳谓之四铺作，出两跳谓之五铺作，依次类推直至八铺作止。铺作的铺可以理解为铺垫或铺张之意，几铺作就是由几层木铺垫而成之意，例如四铺作斗栱就是由栌斗、出一跳的栱、耍头和衬枋头铺垫起来的，又如一朵出双杪三下昂的八铺作斗栱是由栌斗、第一跳华栱、第二跳华栱，第一跳昂、第二跳昂、第三跳昂，再加上耍头、衬枋头共八层铺垫起来的。它们的规律是，除了出跳的跳数之外要加上下部的栌斗和上部的耍头、衬枋头。有时在下昂的斗栱里跳没有衬枋头，在计算铺作数时则以昂尾代之（图 15-2-16）。此外还有把梁头直接搭在栌斗上，伸出一跳华栱的称为"斗口跳"，伸出一个耍头的称为"把头绞项造"。

一朵铺作又有计心造与偷心造之分，在每一个出跳的跳头都安装横栱的叫计心造，若逐跳不安横栱，只挑出华栱或昂的叫偷心造。计心造者每跳上安的横栱只有一重的叫单栱造。二层横栱的叫重栱造。一朵外檐的铺作，里跳跳数与外跳跳数可以不等，因为里跳往往不希望跳数太多，出跳太远，往往把里跳减一铺或两铺。常见的有八铺作里转六铺作。

深远的挑檐是中国古代建筑特有的作法，外檐铺作很巧妙地利用杠杆原理承托了大挑檐的重

量。《营造法式》规定了挑出的檐椽和飞子的总长度，采用三寸椽经时为 5.6 尺，五寸椽经时为 7.2 尺，如果从柱中算起，加上一朵斗栱挑出的数值，在八铺作一等材的情况下，总的挑檐长达一丈五尺二寸。对于这样大的挑檐的重量，通过斗栱使之与梁栿、屋盖等部分的重量互相平衡。斗栱的处理有以下几种情况：

①下昂后尾"如当柱头，以草栿或丁栿压之"(图 15-2-17)。

②"若昂身于屋内上出皆至下平槫"。这种处理一般用于副阶补间铺作（图 15-2-18)。

③"若屋内彻上明造即用挑斡，或挑一斗，或挑两材一栔"(图 15-2-19)。

④"如用平棊，自槫安蜀柱，以插昂尾"(图 15-2-20)。

外檐铺作还有更为重要的作用，它作为梁柱的节点对抗震是非常有利的，在有斗栱的房屋中，除柱头铺作作成"斗口跳"或"把头绞项造"以外，横梁不是直接搭在柱子上，而是搭在一朵斗栱上，由于斗栱本身由许多纵横相搭的木料用榫卯的方式组合起来，当受到地震力作用时，这朵斗栱就相当于一个摇摆支座，可以通过榫卯的错动和木料的暂时变形来吸收地震能量。栌斗底与柱头之间的摩擦力也可吸收一些能量，同时栌斗与柱头的节点是一个斗拴榫卯（图15-2-21)，套叠不是太严紧，可使柱头在水平方向有一定的自由度，在地震荷载作用下，柱头可以有一定的活动余地。这样几个因素综合起作用，柱子在地震力作用下产生摇动时，对上部大梁的牵制却很小，从而使整个屋盖受到的影响也大大减弱。

(4)结构体系的整体性与稳定性：《营造法式》所记载的结构体系对于稳定性与整体性的考虑是周密而细致的，构架的横向梁架虽然由几根梁叠落在一起，但由于每根梁的支座都是插榫相接，支座下部又出榫插入下层梁背，再加上梁的两端用叉手、托脚从侧面撑住，形成许多稳定的三角形，这样整个横向梁架中的每一根梁都很难发生较大的位移，出现滑脱、塌落。有时柱子之间还加一道顺栿串，使柱子不易摇动，对于大型殿堂常带有副阶，副阶柱与乳栿、劄牵更对主体结构起了扶臂作用，加强了构架的横向稳定（图 15-2-22）

（三）建筑木装修和制作技术的发展

《营造法式》所载的小木作制度，展现了北宋时代我国木构建筑装修制作技术的发展概况，制度中介绍了建筑装修中常用的各种门窗，一些附属的小建筑如井屋子、露篱（木围墙）以及一些部件如木隔断、木楼梯、板引檐、地棚等的构造、形制、作法。此外还介绍了佛教建筑中使用的佛道帐（供放佛像的神龛）、经藏（存放经卷的书橱）等。尽管宋代小木作装修的实物流传至今的极少，但从这六卷制度中丰富多采的内容，已足以说明北宋建筑木装修发展的高度水平。

从隋、唐、宋、辽、金时代的绘画、墓室、砖塔中，可以看到一种现象，建筑装修的发展，

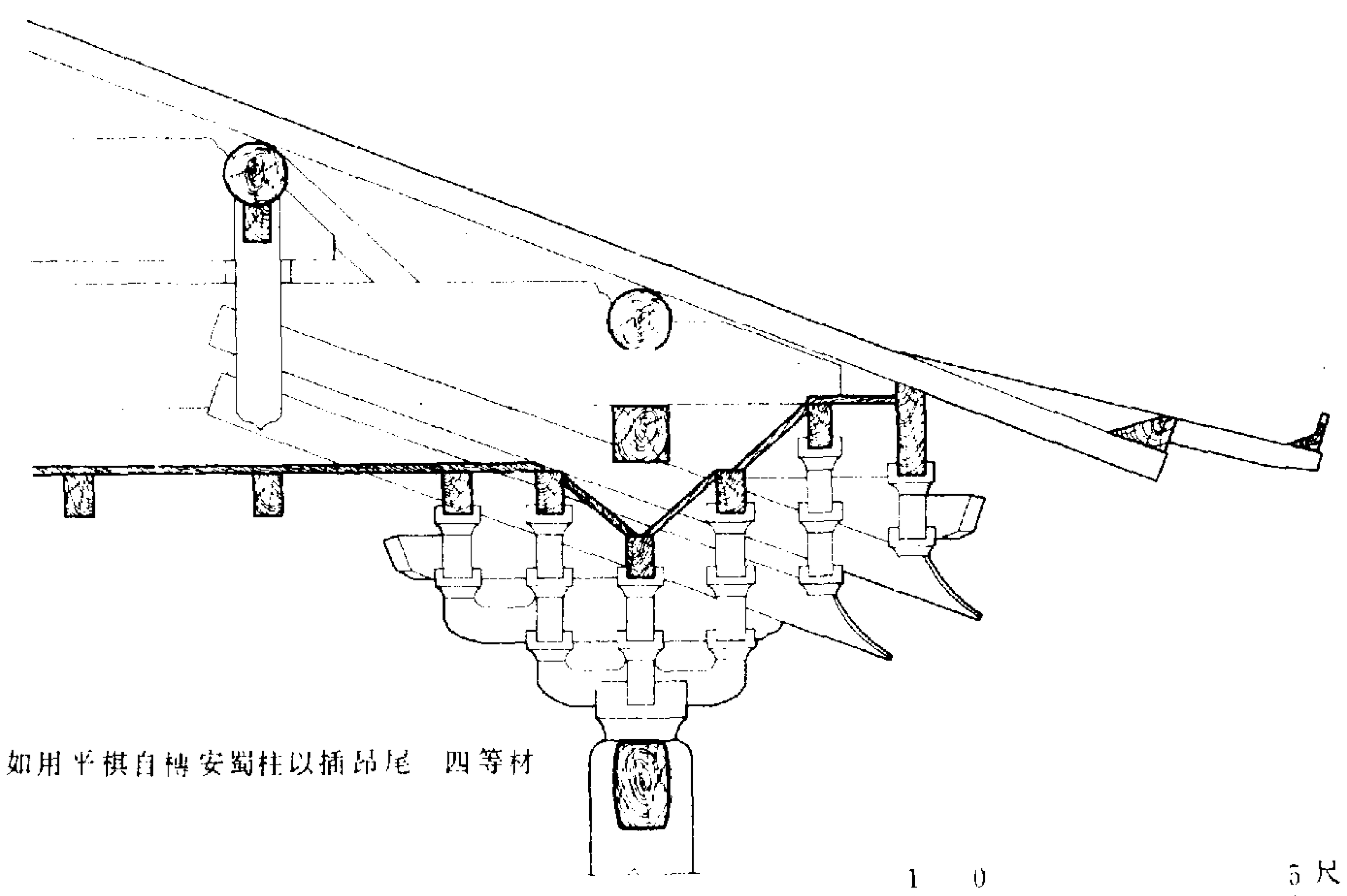


图15-2-20 外檐铺作之四

在唐宋之间有个突变，唐以前是比较简单的，到了北宋则得到了空前的发展。在宋画中可以找到不少《营造法式》所记载的木装修例子（图15-2-23)，如木栏杆、板引檐、拒马义子、棵笼子、四斜球纹的门、窗、隔扇，方格眼的门、窗等等，这些在宋以前的绘画中几乎没有。另外再看砖塔和墓室，这些建筑虽用砖造，但都千方百计模仿木装修。例如定县开元寺料敌塔（1055 年建）不但门、窗用砖雕成球纹格子，而且每层室内天花也都采用砖雕的平棊，每个方格当中的雕砖图案形制有"簇六球纹"、"柿蒂方眼"、"龙凤"等。与此同时代的涿县普寿寺塔（1097 年建）和正定临济寺青塔也都有砖雕枋木球纹格子假门。这些现象在唐塔中是根本见不到的。在墓室中，唐墓也是只有作得比较简单的枋木装修，而宋、金时期的墓室中却大量出现了复杂的砖雕仿木门窗装修，如河北井陉柿庄的十座宋墓，各座墓室年代前后有差别，装修手法也不完全相同，但都可看到四斜球纹格子门、四直球纹格子门、睒电窗、板门等。它们的年代大体是北宋崇宁至宣和年间，个别的在大观年间至金初。山西侯马的金墓也有用砖雕各种复杂花饰的格子门等。以上这些现象的出现，不能不归结为北宋空前繁荣的木装修所给予的影响，它们是宋代木装修得到空前发展的旁证。

从《营造法式》小木作的记载来看，当时木装修的发展，主要反映在以下几个方面：

北宋建筑装修中具有代表性的木门窗种类空

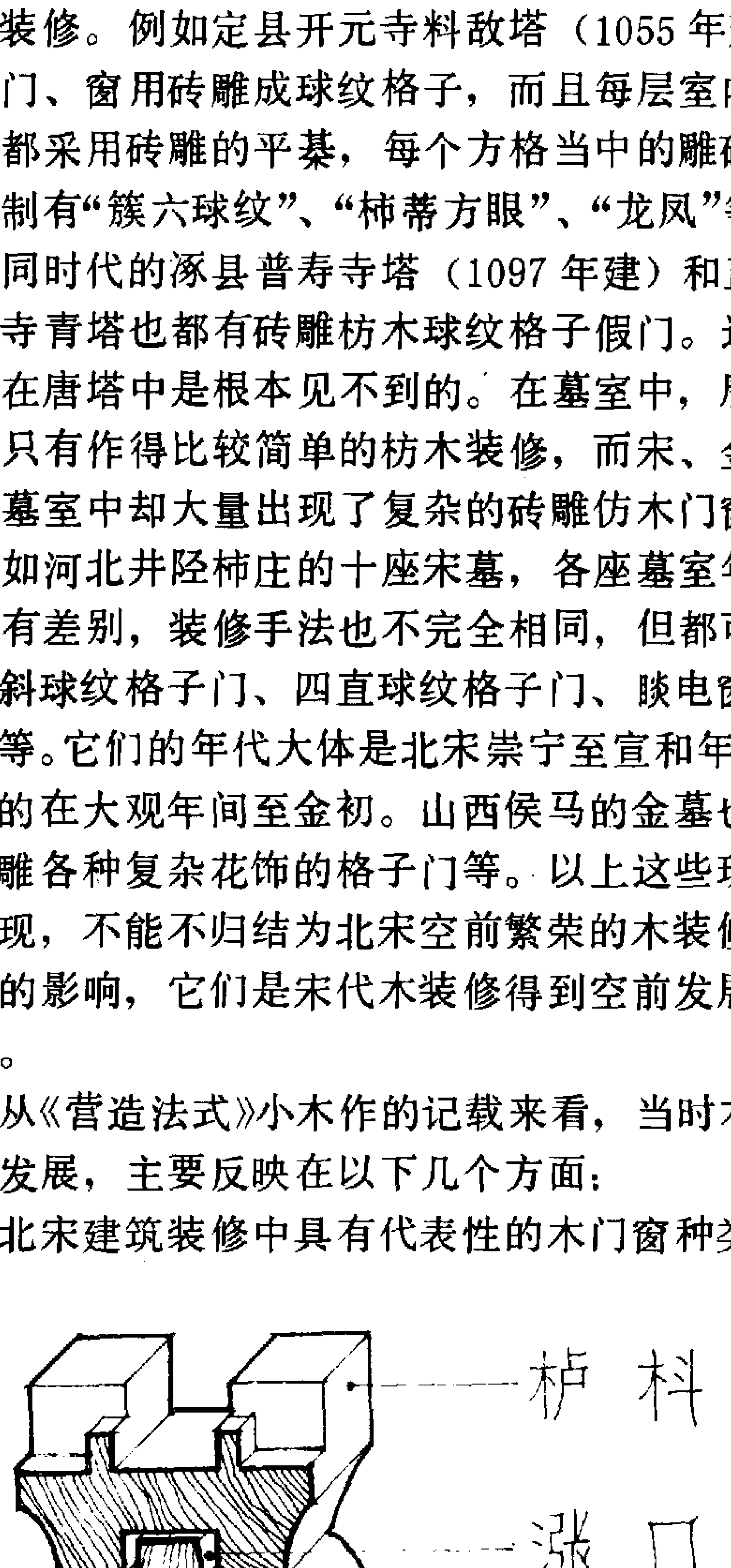


图15-2-21 涨口示意

前繁多，常用的大门有板门、乌头门、软门等，用于较高级房屋的有格子门、两明格子门、球纹格子门等。窗有板棂窗、破子棂窗、睒电窗、水纹窗、阑槛钩窗等。而唐代所见多为板门和直棂窗，简直不能与之相比，这样多种类型的门窗，比起过去的板门、直棂窗，在使用功能上大为改善了，例如格子门的透光率提高了，两明格子门（门的正反面都制作得同样精致）体现着对室内装修追求讲究精致的特点，各种球纹格子门的出现体现着追求装饰、多样化的特点。窗子从不能开启的直棂窗发展出多种类型，并有能开启的阑槛钩窗之类，使室内的通风、采光大为改善。睒电窗和水纹窗，把窗棂作成曲线形状，模仿电和水纹，造型别致，这两种窗专门用于殿堂的后壁和山壁高处。

用于门或窗上的装饰线脚、花纹，追求丰满华丽的效果，例如格子门的格子，不但形制复杂有四斜球纹格子、四斜球纹上出条桱重格眼、四直方格眼等多种，而且格眼本身木料加工的线脚竟举出七种之多，有四混绞双线、通混压边线心内绞双线，丽口绞瓣双混出线，丽口素绞瓣、一混四撺尖、平出线、方绞眼。格门门框的线脚也列举了六种，即四混中心出双线，破瓣双混平地出线，通混出双线，通混压边线，素通混，方直破瓣。尽管这些线脚的具体形制今天已不能全部考证出来，但却可以说明当时对木材的手工业加工技术已经达到相当高的水平。加工工具也比过去大大发展了。那些表面起伏种类繁多的线脚，必须有相应形制的刨口才能满足。不仅刨子会有多种类型，而且锯子要锯出复杂的球纹，也会出现一些新的类型。从现存的一些年代较早的木装修看，球纹有用两块条木加工后拼成的，也有用一条木料挖空作成的（图 15-2-24)，但无论用那种方法加工，都要求有能灵活旋转改变方向的锯条，才能加工得出球纹的形状。这些反映了北宋时代，对于门窗装修的制做加工技术已达到较高的水平。

对于门窗等装修的设计也总结了一套经验，归纳出每种门的总体尺寸的控制范围和高宽比，

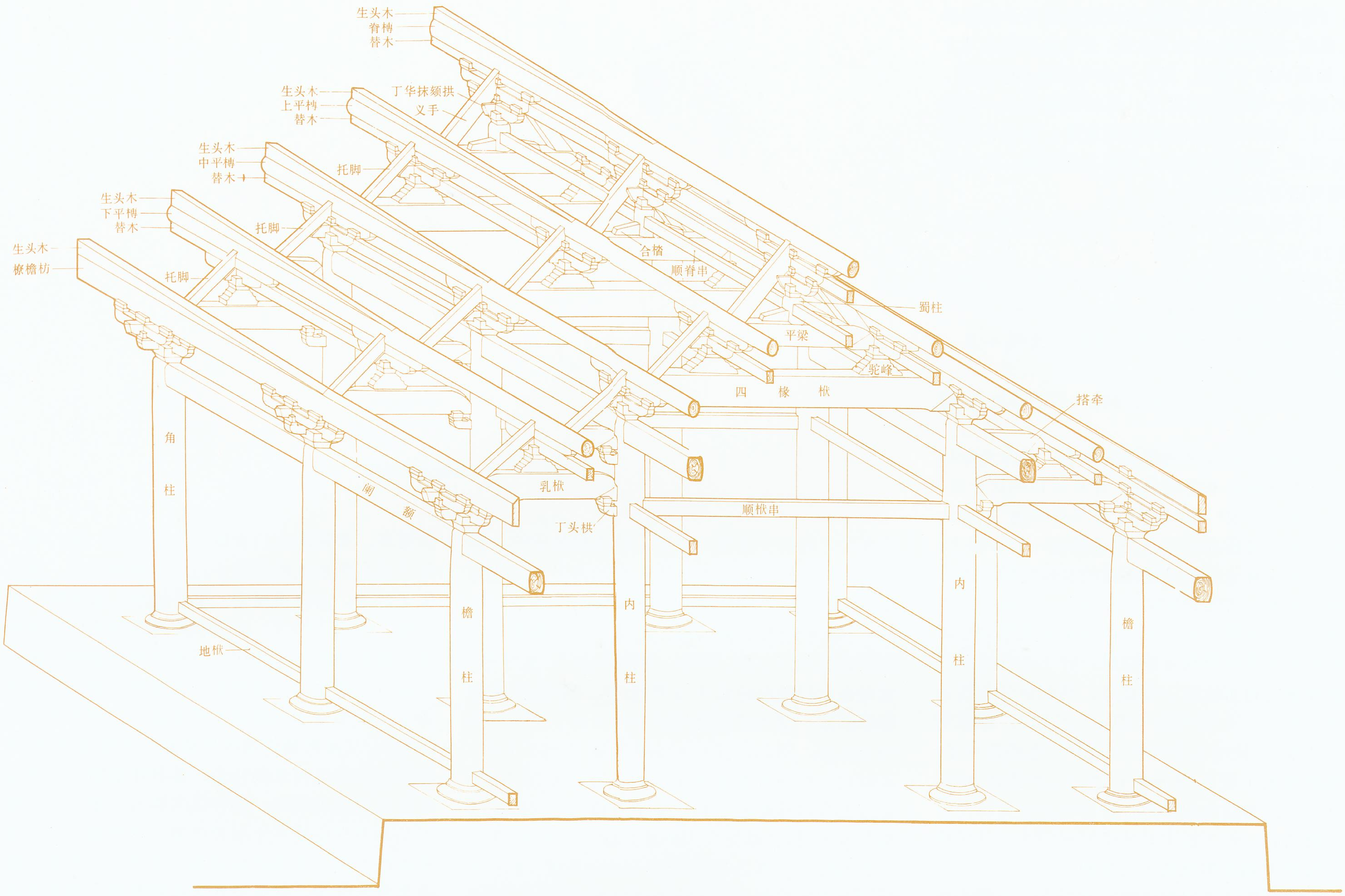
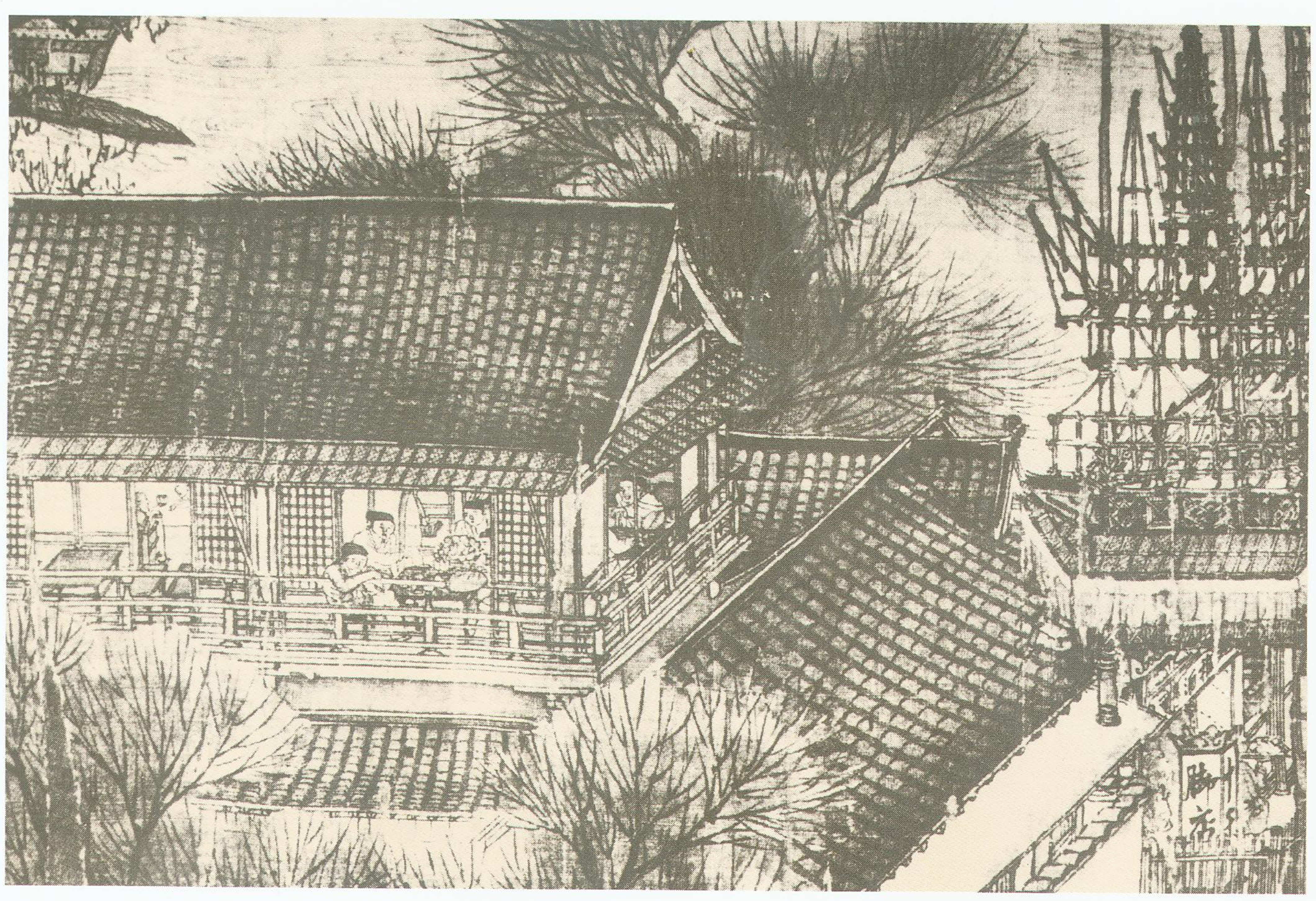


图15-2-22　构架纵向轴侧图



（1）张择端：《清明上河图》



（2）刘松年：《秋窗读易图》

图15-2-23　宋画中所反映的小木装修

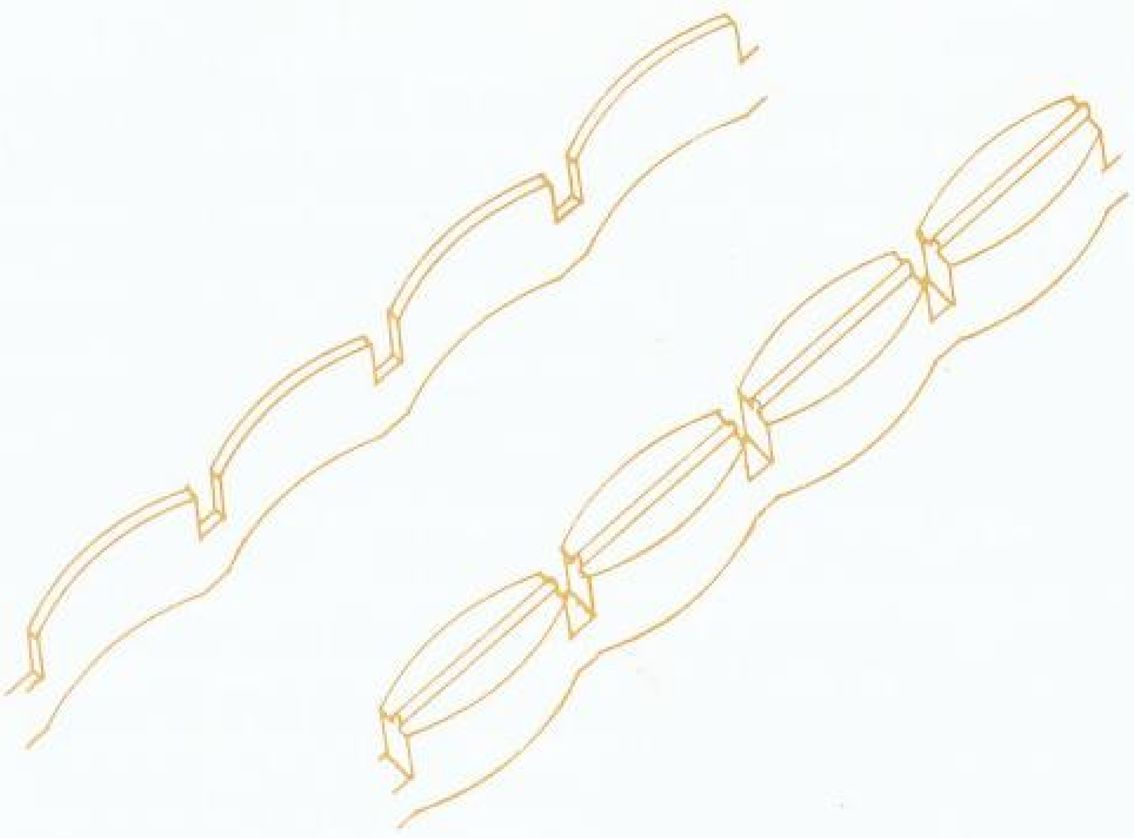
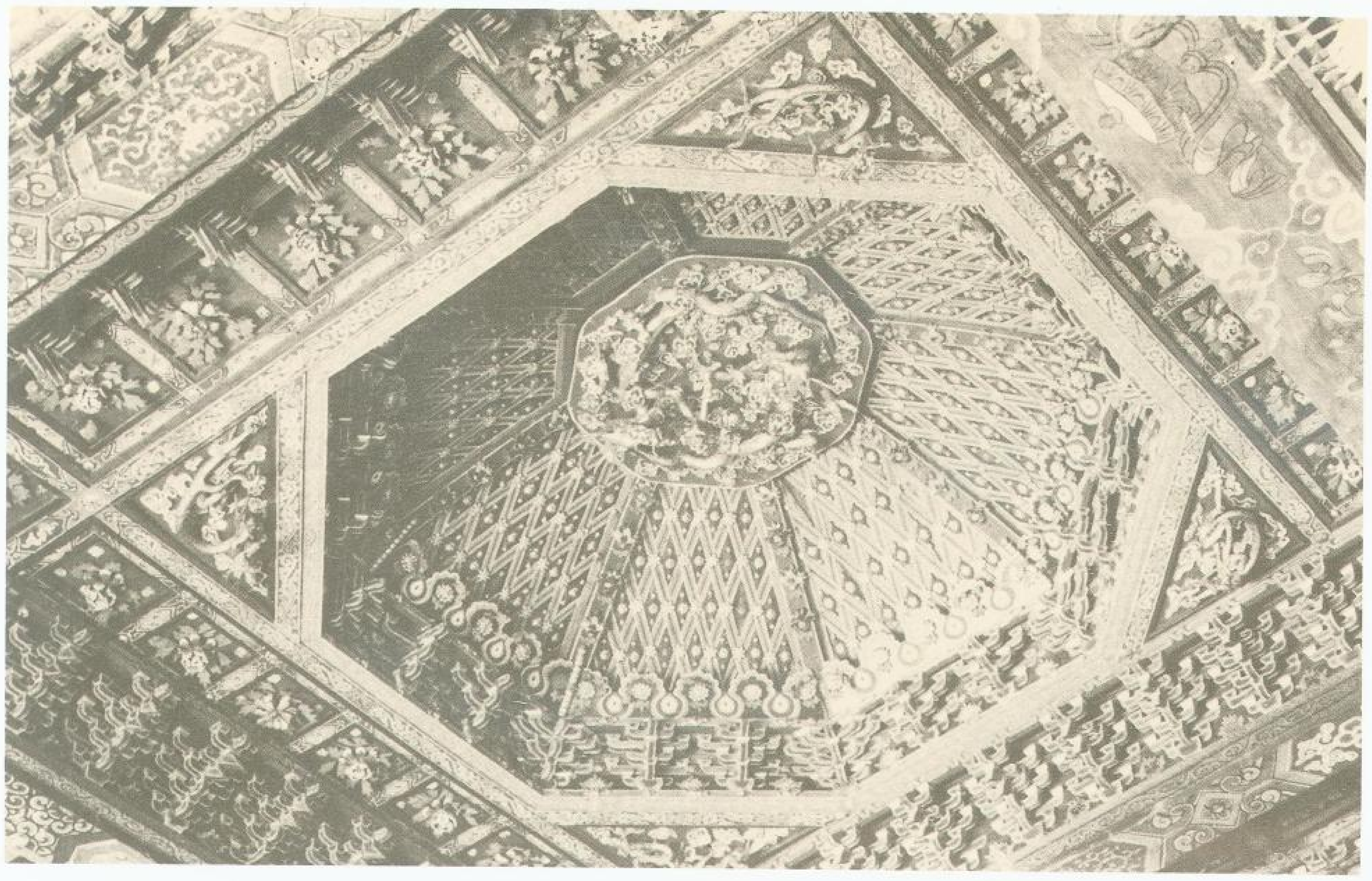


图15-2-24 球纹格子构造示意图

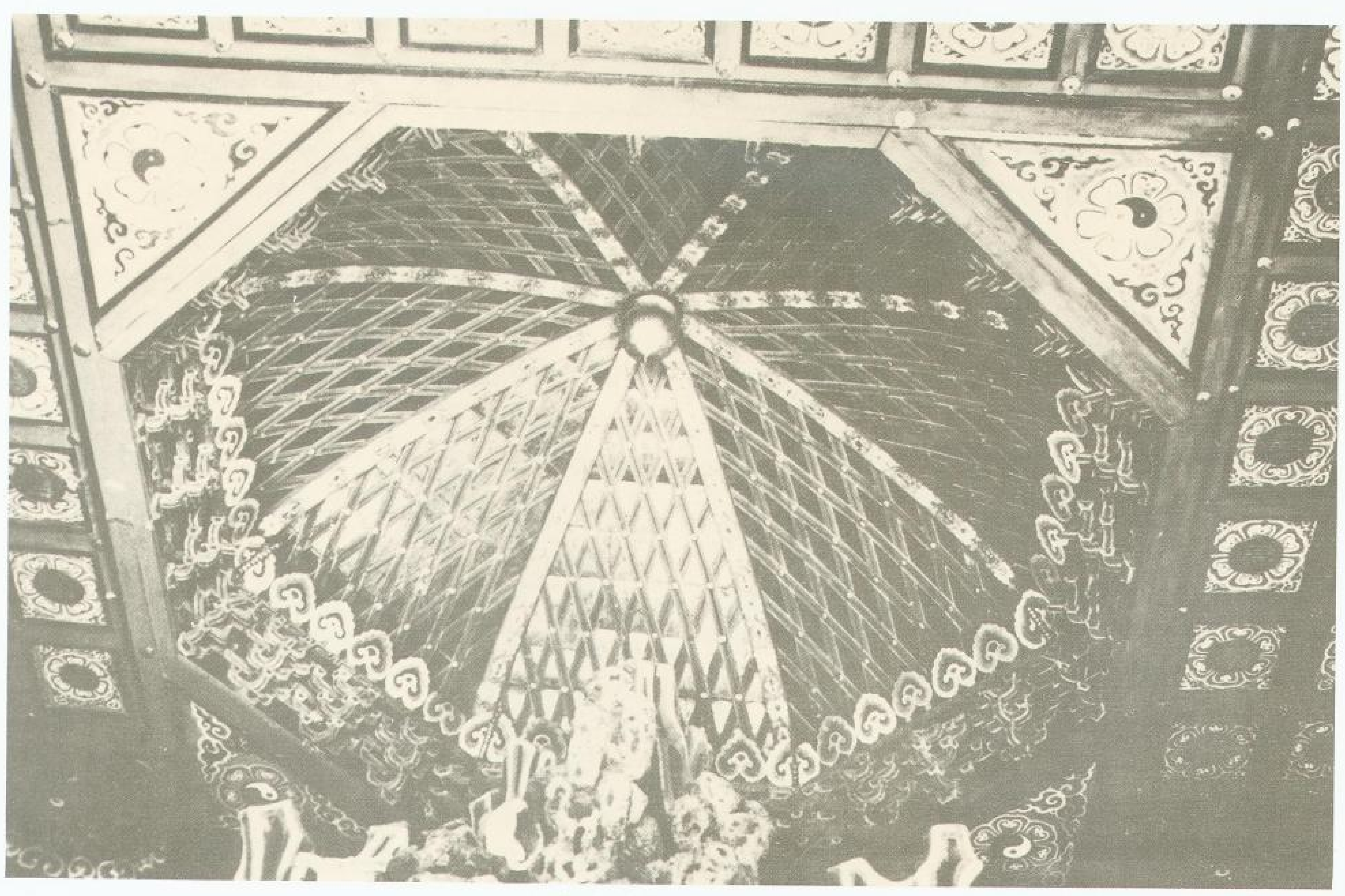
例如板门高七尺至二丈四尺，广与高方，或广为高的五分之四。乌头门高八尺至二丈二尺，广与高方，或为高的五分之四。格子门高六尺至一丈二尺，广随开间间广，每间分四扇，在梁栿及檐额下用时分作六扇。同时制订出门的细部尺寸与总体尺寸之间的比例关系，在使用时，根据每扇门的具体高度，以门每尺之高积而为法便可制作出一樘樘门窗。透过这一系列的尺寸数字，处处显示着工匠处理问题的丰富经验和艺术、技术水平。例如对于门扇的处理，乌头门和格子门每扇上部都作成比较透空的，并加以艺术处理，这样处理从使用功能上看是很合理的。上部既可透光了望，又减少了门扇的重量。下部与人接触多，容易被撞击，因而做成实的。同时使用材料可以长短厚薄搭配；为了使以小块木板拼接的门心板更美观，特别作了“牙头”、“护缝”的装饰性处理，巧妙地掩盖了拼缝的痕迹。《营造法式》小木作在规定每个构件的具体尺寸时，都指出构造所需的材料余额，例如格子门的障水板，规定“令四面各入池槽”，就是要求在下料时要算上入池槽的部分。板门的身口板，用多块拼装起来，每块允许宽窄不等“广随材”，但接口处要做成企口，因而以每块板“广加五分为定法”，这“五分”就是企口部分。有的构件需要注意“强度”够不够，因之特别规定出具体尺寸，如板棂窗，窗棂横断面为2.0寸×0.7寸窗高6尺，对睒电窗，窗棂断面也定为2.0寸×0.7寸，但窗高仅3尺；为什么窗矮了棂断面却不变呢？这可能是考虑到窗棂变成曲线形式后，“S”形对承受纵向力不利的缘故。

《营造法式》小木作中还记载了一些很有实用价值的建筑构造作法和很有借鉴价值的建筑处理手法。例如为了遮阳，采用板引檐。仓库中为了使储存的东西不受潮而作了架空的地棚。对室内的空间分隔采用截间版帐、照壁屏风骨、截间格子等多种多样的木装修，上面并带有可开启的门扇，随着建筑等级的高低还作有球纹或方格牙头护缝等装饰。室内天花依建筑的等第高低有平闇、平綦、藻井之分，平暗就是把木板吊顶钉在纵横相交的木方子上，然后再加以色彩装饰，从下面看上去，是一片密列的方格。平綦则格子作得比较大，可长可方，格子中还装饰着贴络花纹，《营造法式》中介绍的花有13品之多。藻井则是一种主题集中的天花处理手法，在房屋的当心间正中把天花作成向上凸之形，这就是所谓的“井”，井有八角形、方形，四周用斗栱彩画装饰，井中央作垂莲或雕花，内安明镜。对于天花的这些处理手法，不但在中国古代建筑中一直沿用，而且也为现代建筑所借鉴，对其装饰题材的封建性糟粕加以剔除，建造的材料也多不用木料而是改用其他材料，保留了其富丽堂皇的装饰效果（图15-2-25）。

《营造法式》小木作还记载了一些次要的小建筑或附属性的构件，如井亭子、井屋子、露篱、胡梯（木楼梯）、拒马义子（衙署、府第大门外使用的路障）等，对于这些东西都有法式可循，说明当时官手工业对产品的定型化程度要求是较高的。它促进了建筑向标准化发展，但随着封建王朝的衰落，官手工业每况愈下，这种发展也就停滞了。



（1）河北易县开元寺毗卢殿



（2）河北易县开元寺观音殿

图15-2-25 平暗及藻井

（四）宋代建筑彩画是中国建筑彩画发展史上的高峰

在建筑上运用色彩进行装饰，是有着悠久历史的一种传统手法。它可以上溯到西周，但是真正得到发展还是在封建社会盛期和晚期。唐代是建筑彩画得到初步发展的时代，宋代工匠继承了唐代的彩画成就，并有所创新，有所前进，使得彩画品类丰富多彩，颜色、题材变化多端，并提

出了建筑装饰的指导思想。不过建筑彩画能保存下来的很少，早期的建筑彩画只有在墓室和石窟中依稀可见，色彩由于化学作用有的已不能忠实于原貌，暴露在室外露天的建筑彩画难以找到唐宋时代的遗迹了。《营造法式》却向我们揭示了宋代建筑彩画较为完整的材料，从颜色的调整方法、彩画的施工步骤、彩画的类型、格调以至设计思想，都非常明确地记载了下来，成为研究我国建筑彩画发展史极其宝贵的资料。

《营造法式》将当时的彩画归纳成六种类型：

（1）五彩遍装：这是最华丽的一种，用于等级最高的建筑物上；其特点是把建筑的木构件从头到脚通身都用彩绘的花纹图案来装饰，以达到五色缤纷、遍身开花的效果。这种彩画使用的颜色有青、绿、红、赤、黄，每个木构件绘制图案成花纹的构图手法基本相同，都是将外轮廓用颜色退晕勾边，内心画五彩花纹。颜色使用的规律是对比色相间品配，例如青地上的花纹，用赤、黄、红、绿相间，外棱用红叠晕勾边，叠晕从内向外由浅入深。又如红地上的花纹则用青、绿相间，花心染红，外棱用青或绿叠晕。图案有花卉、飞禽、走兽等，式样繁多；如花纹就列有海石榴花、宝相花、莲荷花、团斗宝照、圈头合子、豹脚合晕、玛瑙地、鱼鳞旗脚等诸品（图15-2-26）；琐纹列有琐子、簟纹、罗地龟纹、四出、剑环、曲水等诸品（图15-2-27）。它们分别用于不同构件的不同部位。花纹用于梁、额，柱上的还可间以行龙、飞禽、走兽，但这种题材多带有封建迷信色彩。

（2）碾玉装：仅次于五彩遍装，也是上品彩画，装饰题材和手法与五彩遍装基本相同，只是色调以青、绿为主，效果幽雅，例如构件的外轮廓用绿叠晕勾边，心内在淡绿地上画青绿花纹。有时局部也用些五彩或红色作为点缀，例如柱头用五彩锦，櫍作红晕莲花，显得格外生动富丽。

（3）青绿叠晕棱间装：是以青、绿两色深浅退晕变化为主要装饰手法的一种彩画。例如斗栱，外棱用青叠晕，深色在外，浅色在内。而身内则用绿叠晕，浅色在外，深色在内。颜色的退晕色度次序是：墨—大青—二青—青华—绿华—三绿—二绿—大绿—草汁；或草汁—大绿—二绿—绿华—青华—三青—二青—大青—墨。此外在柱头、柱方、柱礩、椽头等处可作五彩或青绿图案花纹。

在青绿叠晕当中加入红叠晕的作法称为三晕带红棱间装，这时颜色退晕色度变化由外向里的次序是：墨—大青—二青—青华—朱华粉—二朱—深朱—紫矿—草汁—大绿—二绿—三绿—绿华。

（4）解绿装饰屋舍：这种彩画的特点是把每个构件本身通刷土朱，外棱用青或绿叠晕勾边。青、绿相间穿插使用，如斗用绿则栱用青。柱身不刷土朱而刷绿色，上面有时作笋纹。柱头及脚（櫍）仍刷土朱，在土朱地上画各种纹锦。如果在斗栱枋、桁椽内的朱地上绘花纹，称为解绿结花装。

（5）丹粉刷饰屋舍：这是最简单的一种彩画，

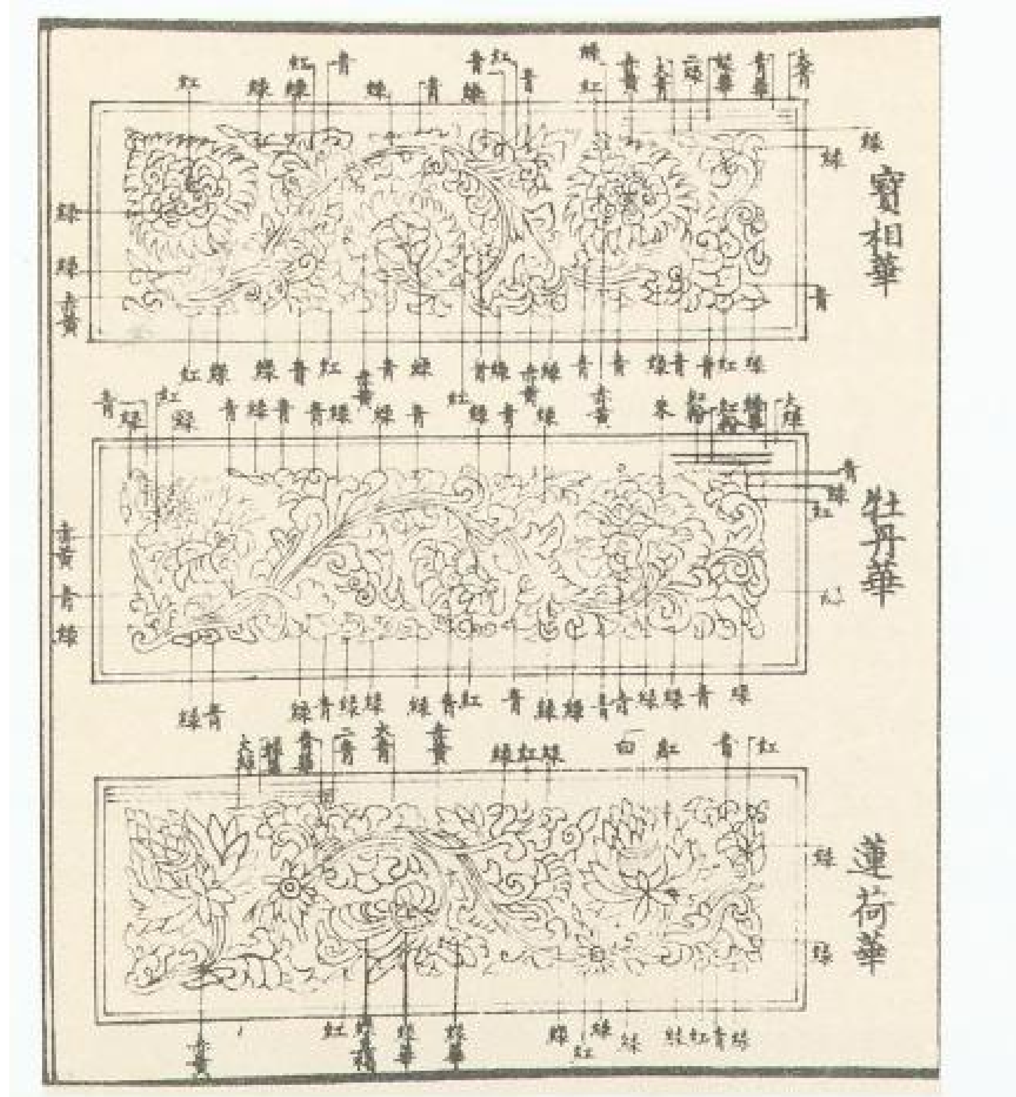


图15-2-26　彩画花纹

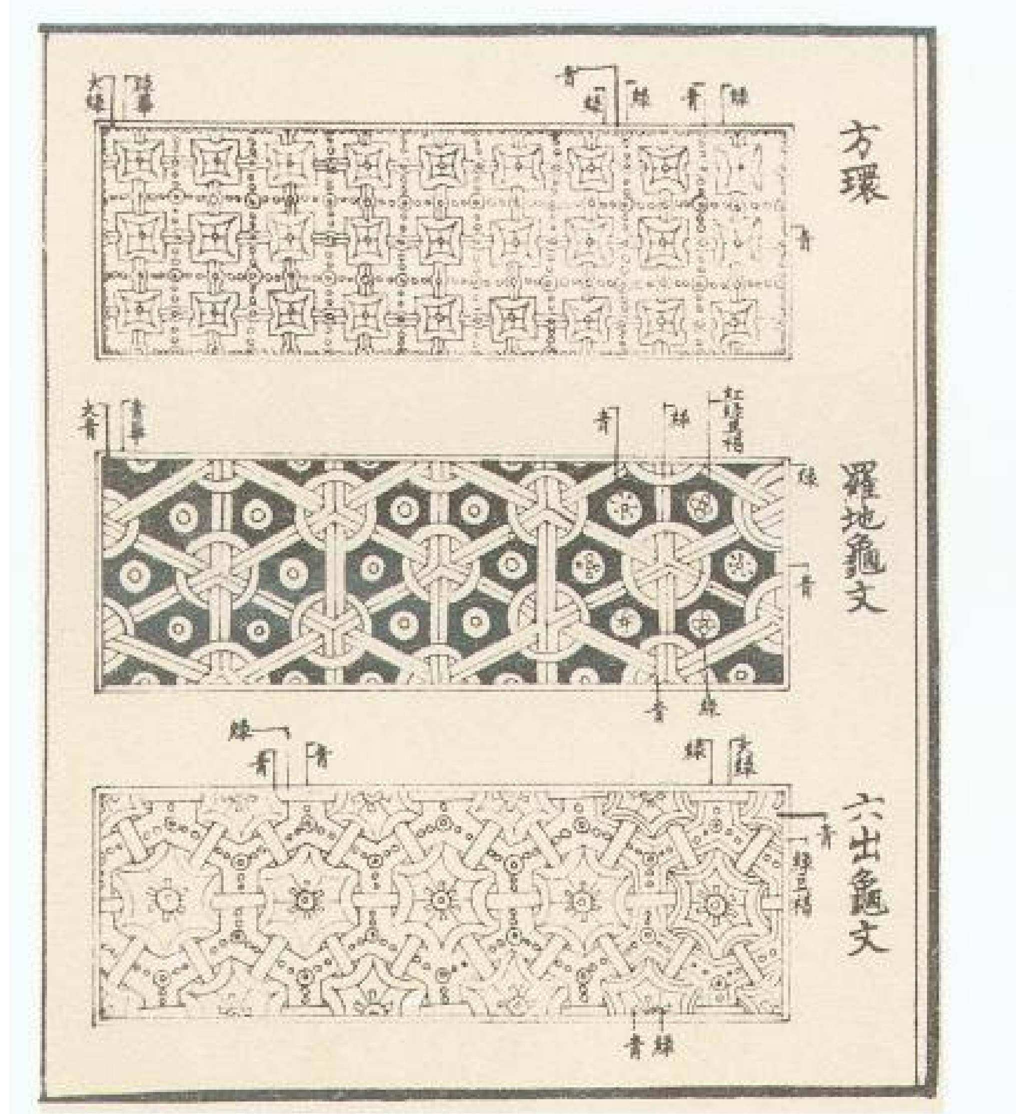


图15-2-27　彩画琐纹

仅仅在木构件表面刷土朱、土黄、黄丹等色，外棱用白粉勾边。一般栱、枋、额之类，在立面刷土朱或土黄，底面刷黄丹。柱子的柱身刷土朱或土黄，柱头及脚（櫍）刷黄丹。有时稍加变化把阑额之类构件作成“七朱八白”的图案。所谓七朱八白就是把阑额的立面之广分成五份（广在一尺以下时）或六份（广在一尺五寸以下时）或七份（广在二尺以上时），各取当中的一份刷白，然后长向均匀地分成八等分。每份之间用朱阑断成七隔，两头近柱处不用朱阑断，隔长随白之广。

（6）杂间装：将上面几种类型搭配使用，如五彩碾玉、青绿三晕棱间装及碾玉间画松纹装等。

《营造法式》在彩画作中还阐述了彩画的设计思想是“令其华色鲜丽”，“取其轮奂鲜丽如组锈华锦之文”，这是建筑装饰指导思想的重大变化。在彩画的使用中体现了设色灵巧，富于变化的特点，规定“五色之中唯青、绿、红三色为主，余色隔间品合而已”，但“不用大青、大绿、深朱、雌黄、白土之类”，也就是不用大片的深色对比。青、绿、红在使用中主要采用层层退晕变化的手法，并强调一定要“随其所写，或浅或深，或轻或重，千变万化，任其自然”。这反映了当时彩画工匠技巧之纯熟、艺术构思之高超。

《营造法式》还对彩画的施工程序，作了详细的记载：

（1）“先遍衬地，”衬地的方法介绍了两个步骤，首先对斗栱、梁、柱及画壁的墙壁以胶水遍刷，然后待胶水干后，按所画彩画的品种刷上衬地颜色，如五彩地，先用白土遍刷，干后再刷铅粉。对于碾玉装或青绿棱间装，用青淀加茶土按1:2的成分混和刷之。还介绍了贴真金地时要用鳔胶水，胶水干后刷五遍白铅粉，再刷五遍土朱铅粉。在这衬地上再刷一层熟薄胶水，然后贴金箔，用布按实，干后以玉或玛瑙或生狗牙斫令光。

（2）“以草色和粉分衬所画之物”，“草色”即底色，这往往采用比较便宜的颜色，将所画之物涂上相应色调的颜色，例如青的衬色是用螺青合铅粉，红的衬色则用紫粉合黄丹，绿的衬色则用槐华汁合螺青铅粉。

（3）“其衬色上方布细色”。就是要把彩画的最后效果，在衬色之上都画出来，如何布色？《营造法式》提出“或叠晕，或分间剔填”，就是有的部位用由深到浅，层层退晕的手法来处理，有的部位则由设计者挑选合适的颜色填上去，颜色以相间组合的规律来使用，如红绿相间、青红相间等。

最后对彩画中的五彩装和叠晕碾玉装的周边交待作了提醒，即“量留粉晕”，就是四周留出适量的边框作粉晕，并指出对彩画制做过程中的墨道，要用粉笔压盖。

《营造法式》彩画作的最后，在介绍炼桐油的方法的同时，透露了用桐油涂在彩画表面是保护彩画的重要材料。

在调色和绘制方法方面，透露了许多工匠们施工中摸索的宝贵经验，例如，在颜色配制方面，指出“染赤黄，先布粉地，次以朱华合粉压晕，次用藤黄汁通罩，次以深朱压心”，介绍了“赤黄”的配制材料和层层罩染的步骤方法。　“合草”绿汁，以螺青华汁用藤黄相和，量宜入好墨数点及胶水少许。这里的“好墨数点”，及“胶水少许”是很难得的经验。

对于颜料的物理性能的掌握也载入制度，如：“铅粉先研令极细，再以热汤浸少时候，稍温倾去，再用汤研化，令稀稠得所用之”；对于黄丹的特点指出“多涩燥”；建议用时可加一点生油。

对于颜料的化学特性，工匠们通过实地观察，了解到某些颜色失掉原貌的情况和规律，并总结出一些禁忌的条文，以便后人依循，如记载“雌黄忌铅粉黄丹地上用，恶石灰及油不得相近”的总结，就是符合化学变化原理的。这些颜料的分子式如下：

雌黄：AS_2S_3 硫化砷

黄丹：PbO 氧化铅

铅粉：$PbCO_3\cdot Pb(OH)_2$

石灰：CaO 氧化钙

画彩画时由于需要加水，就出现下列反映：

①雌黄遇到铅粉：

$$2AS_2S_3+3[PbCO_3\cdot Pb(OH)_2]+6H_2O\rightarrow 6PbS+4H_3ASO_3+3H_2CO_3$$

硫是非常活跃的元素，与铅作用变成PbS(硫化铅)，硫化铅为黑色，这里原来颜料为黄色遇

到铅粉是白色，如果从直观来说，配出来总不会是黑色，但由于有了化学变化就成了黑色，因此工匠们特别把它作为禁忌的条文记载下来。

②雌黄遇到黄丹：

$$AS_2S_3+3PbO+3H_2O \rightarrow 3PbS+2H_3ASO_3$$

也产生了黑色的硫化铅。

③石灰为CaO，遇水变成了$Ca(OH)_2$是强碱，AS_2S_3能溶于强碱溶液，所以雌黄不能与石灰相近。

④雌黄为什么不能与桐油相近？因为桐油是干性油，雌黄中的硫会使干性油进一步交连、固化，使油膜变硬、变脆，从而降低了桐油的性能。

（五）砖、瓦的生产与使用

《营造法式》在砖作、瓦作、泥作、窑作中，记载了砖、瓦的形制、生产技术和使用情况。

砖、瓦的生产均需经过合泥、制坯、凉干、焙烧等几道工序。瓦坯成型是借助于一个木质圆筒形的"札圈"，先安放在一块平板固定的轴上（札圈外蒙有布套），把合好的泥贴在布套表面，拨动札圈，一转动轮子就可以把泥坯打实压光成一圆筒，取下札圈脱坯候曝微干，切成四片即成瓪瓦坯。如做筒瓦则札圈两片随筒瓦规格脱坯切成，即成筒瓦坯。待坯干燥后如果烧青掍瓦，则用瓦石磨擦，去掉布纹用湿布揩拭，然后用卵石（产生洛河的称洛河石）掍研，次掺滑石末使瓦坯表面质地均匀。如果烧琉璃瓦，只须在干坯表面浇刷琉璃药物然后入窑焙烧即可。砖坯制作是用木模匣成型，模匣先放衬灰然后放泥入内，用棍捣实便可脱模。待坯干后便入窑焙烧。制砖、瓦的原料均采用不夹杂沙的细胶土，在制坯前一天合泥，以保证水、土融合均匀。烧窑时第一天放坯装窑，第二天点火烧变，第三天上水窨，第七天开窑候冷出窑。琉璃窑不用上水窨，可以在第五天出窑。

烧窑一般使用芟草，烧青掍瓦的窑还要求再加烧蒿草、松柏柴、羊屎、麻籸等燃料，使表面浓油盖罨，不令透烟，具有一定的防水性能。

瓦在使用前还要经过修整四角和外棱的工序，称为"解桥"。筒瓦为了上下两瓦搭接严密，也要经过进一步的修整，修整后需要在半圆形的模子上试过称为"撺窠"。这些工序随着后来生产技术的进步逐渐省略，但个别的还是要经过修理名为"审瓦"。

殿阁使用瓪瓦及瓪瓦上下合铺办法，厅堂及一般房屋只用瓪瓦一仰一合互相搭配即可，讲究的则用琉璃瓦。瓪瓦最下面一块位于屋檐带瓦当的称为"华头瓪瓦"。瓪瓦最下面一块带卷边的称为"重唇瓪瓦"。为了防止屋面上的瓦下滑，华头瓪瓦上钉一支长钉称为"葱台钉"，一直钉入小连檐勿令透。如果屋顶坡度较陡，在屋脊下第四和第八块瓪瓦背上也钉入钉子称为"盖腰钉"，一直钉入望板下预先埋没的木条上。此外还有"线道瓦"和"当沟瓦"，用于垒砌屋脊线道和当沟。

砖用于砌筑阶基、墙、地等处，一般房屋的阶基，四周用条砖砌一圈砖墙，中间填土，根据阶基之高来确定砖墙的厚度，阶高四尺以下，用两砖相并；阶高五尺至一丈时用三砖相并，阶高一丈至二丈时用四砖相并，四丈以上要作成六砖相并。使用在最外层的砖是经过打磨的细砖，砖的尺寸变薄了，这就造成十层细砖与背后的八层相并的粗砌砖大致可以取得平正一致（上面留有铺地砖分位）。整个阶基四面都有收分，平砌时要作$\frac{1.5}{4}$的收分，露龈砌时逐层收一分，楼、台、亭、榭的阶基每层收二分。阶基上表面用方砖铺墁地面，阶头用压阑砖或用压阑石砌筑，方砖砌前需先磨平、斫四边，使四侧下棱有一分的收分。

地面在檐柱中以内自当心向四面坡，坡度在1.7‰—4‰之间，檐柱中以外向阶头坡，坡度在2‰—3‰之间。阶基下部根据檐头滴水远近铺砌散水，散水最外边侧砖砌线道三周。

地面以上砌砖墙时，先砌一段较厚的墙，称为"墙下隔减"，其功能可能是为防止地下水中的碱份由于毛细现象上升而引起砖墙的酥裂。墙下隔减的尺寸根据有无副阶，是殿阁还是厅堂、廊屋各不相同，墙下隔减也稍有收分，与阶基的收分相同。房屋的砖墙（或土坯墙）有较大的收分，墙厚为高度的一半，上部要求各收入总厚度的20%。粗砌时，两面各收入总厚度的26%。

在房屋的当心间，阶前设踏道，其宽随当心间之广。坡度为1:2.5，用砖砌成踏步，每步高四寸，宽一尺，这种坡度走起来比较适宜。踏步两侧有宽一尺二寸（一砖宽）的两颊，随踏步斜砌。两颊的侧向象眼用砖砌出几层线脚，每层各退入二寸。有时房前不作一步步的踏道，而作成斜坡道（踜䟫），这时称为慢道，坡度放缓，为1:3.87，宽度随间之广。这种作法常用在门道。

室外的露道也用砖砌，露道两边各侧砌双线道，当中平铺，有时当中用侧砖虹面（即路面起拱）垒砌，两边各侧砌四砖的线道。

比较讲究的建筑，下部阶基用砖砌须弥座，其形制与石须弥座相似，也有束腰，壶门、仰莲、合莲等，全部用砖砌，因而出现了许多形制复杂的砖样式。

《营造法式》还记载了走趄砖、趄条砖、牛头砖等，都是带斜面的砖，使用在城墙外壁。宋代一般城墙仍为夯土墙，只在局部如城门露台等处包砖。砖作成斜面是为了保证城墙的收分，每层砖厚二寸，斜收0.5寸，斜率为25‰。城门道往露台的慢道也用砖砌成踜䟫，宽度比露台稍窄，坡度为1:4.1。在土城墙上为了解决雨水冲刷引起墙壁坍塌的问题，修筑了砖砌的城壁水道雨水沟。用砖还可砌筑"卷拳河渠口"，"马槽"、"水井"等。

这时砖的使用范围很广，但规格正渐趋统一，这样有利于提高产量。条砖的规格只有两种，方砖的1/2大小，条砖本身长宽比也作成2:1，连城壁所用带斜面的砖也如此，说明当时砌砖很注意顺丁咬合，这种砌法最坚固耐久。

灰浆采用黄泥、石灰等材料，泥中有时加粗茎，或麦䴬（碎麦壳），石灰中加麻捣以提高拉结力。

为了使墙面平整光滑，抹泥和灰，一般工序是先用粗泥找平，再用中泥抹一遍，然后用细泥抹一遍作为衬底，上面再抹石灰。待石灰中水分挥发到一定程度，收压五遍，令泥面光泽。

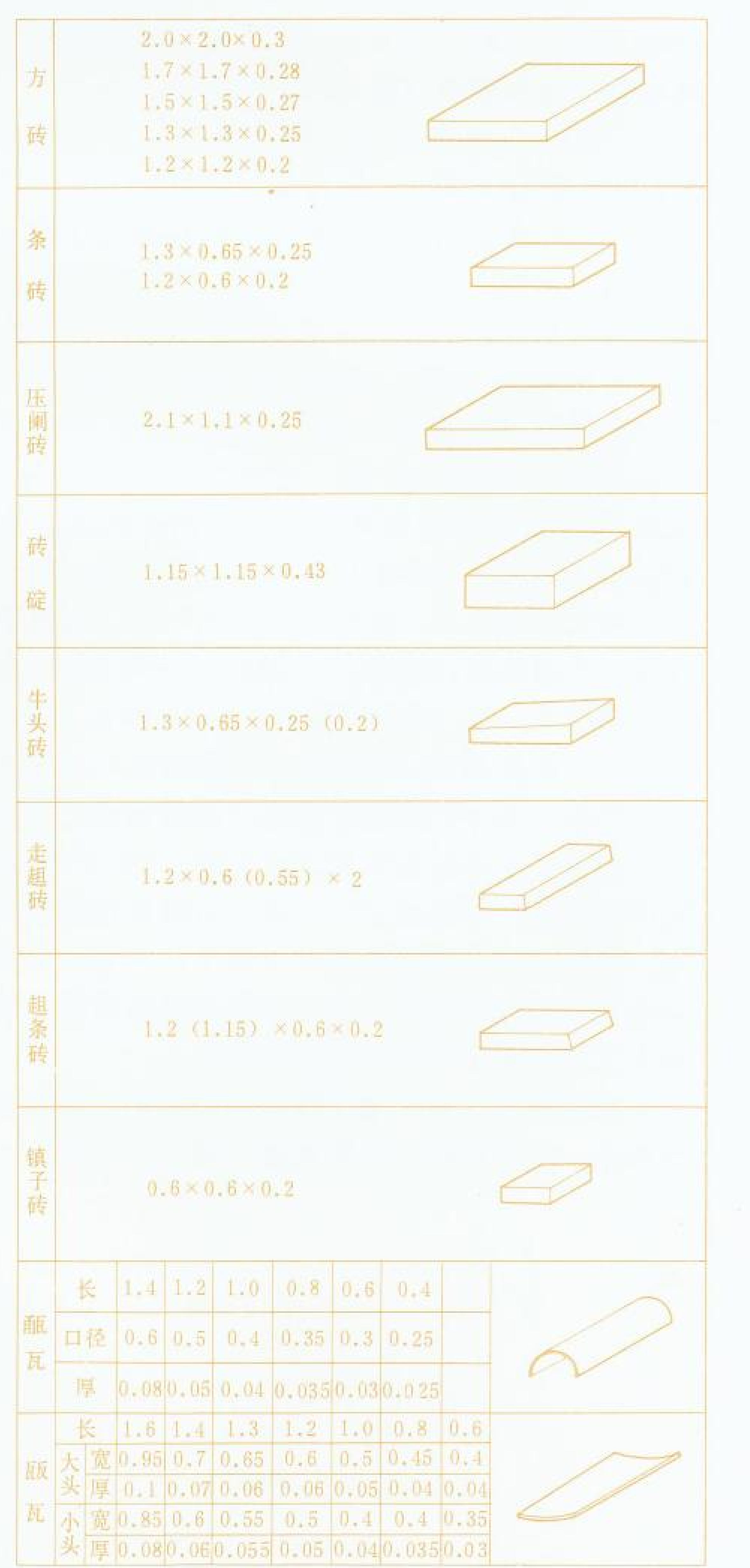
石灰泥可以作成不同颜色，"红灰"即在石灰中加赤土、土朱，"黄灰"即在石灰中加黄土，"青灰"即在石灰中加泥煤或煤黑、粗墨、胶等，白灰即石灰加麻捣。

砖瓦规格及品种见图15-2-28。

（六）宋代的石作技术

以木构体系为主的宋代建筑，石构用得不多，从《营造法式》制造可以察觉，当时仅仅是利用石料所特有的优点，在房屋上有选择的使用一些石构件和少量的石砌构建筑物。

石构件有的出于利用石料耐压不变形的特点而制作的，如建筑的阶基、柱础、城门石地栿等。一般建筑物尽管作有用夯土及碎石筑成的地基，但对于柱子下面的地基由于局部受压很大，会造成沉陷。因此一般柱子下作石柱础，柱础下部为方形，尺寸相当于柱径的两倍，扩大了与地基的



瓪瓦	长		1.4	1.2	1.0	0.8	0.6	0.4	
	口径		0.6	0.5	0.4	0.35	0.3	0.25	
	厚		0.08	0.05	0.04	0.035	0.03	0.025	
瓪瓦	长		1.6	1.4	1.3	1.2	1.0	0.8	0.6
	大头	宽	0.95	0.7	0.65	0.6	0.5	0.45	0.4
		厚	0.1	0.07	0.06	0.06	0.05	0.04	0.04
	小头	宽	0.85	0.6	0.55	0.5	0.4	0.4	0.35
		厚	0.08	0.06	0.055	0.05	0.04	0.035	0.03

图15-2-28 砖瓦规格及品种图（单位：宋营造尺）

接触面，这时单位面积上的承载力量大大减小只及原来的1/5，方形上半部雕成覆盆形，正中凿洞以便与柱子下部伸出的榫吻合。柱础石的总厚度，根据边长的80%，方三尺以上的厚度为边长的50%，方四尺以上的厚度不超过三尺。这样就可以使面积小的柱础保持必要的厚度和强度，面积大的柱础避免过分笨重和浪费石料。城门地栿，位于城门洞内两侧，其下安土衬石，其上凿眼，立排叉柱，以承上部梁架。石地栿也是为了承受上部荷载而设置的。建筑的阶基，在外檐柱的四周，都用石砌造，基高五尺，为了防止雨水滴到阶基上，阶宽必须退进出檐以内，阶砌散水。阶基最下层砌土衬石，上为叠涩座、束腰，最上为压栏石，束腰部分比明清的须弥座更宽，并有竖立的壁柱称为隔身板柱，柱间平面作壸门。阶基头四角有角石，下立角柱。房屋当心间设踏道，以满足上大阶基的功能要求。踏道宽度随间之广，每个踏步高五寸、广一尺，与今天所用踏步尺寸基本相同，踏步两边有宽一尺八寸的两条石带称为"副子"，两侧三角形部分作成层层内凹的砌石处理称为"象眼"。

另一类石构件如钩栏、城门下部两侧嵌门槛用的立秩以及幡竿夹等是利用石材本身的重量，可以具有稳固效果（图15-2-29）。

石料在当时算是较为耐水浸泡、冲刷的材料，所以被用来砌桥、砌涵洞、作水槽子等，《营造法式》记载了用小块石料发券砌筑的过水墙洞的构造、形制，称为"券辇水窗"。水窗作成半圆形筒券，两壁券墙直立向下，墙基要求开掘至硬地，并用地钉（木橛），打筑入地，地钉上铺衬石石块。先横砌并二石涩一重，于涩上随岸顺砌并二厢壁板，使板与岸平，在水窗骑河时，为了保证并二厢壁板的坚固，其间加熟铁鼓卯，并灌锡以固定之。鼓卯为银锭形，长六寸厚六分，大头宽二寸长一寸，腰长四寸，重一斤，每枚灌白锡三斤或黑锡（铅）四斤。如砌并三厢坐板，每三层铺铁叶一层，铁叶每段宽3.5寸，厚0.3寸，长7尺（四条并用）或5尺（三条并用）以保证水平拉接。厢壁板外侧砌块石，以承发券之斧刃石。水窗过水的地面也要进行处理，这一段地面比河床稍高，平铺地面石一重，石缝并用熟铁鼓卯。在出入口，侧砌线道石（牙子）三重，牙子以外的河底钉擗石桩三路。券辇水窗的作法，为研究古代桥涵提供了宝贵的材料。

石料的加工有六道工序：（1）打剥：用錾揭剥高处。（2）粗搏：用錾粗凿一遍。（3）细漉：用錾细凿一遍，使表面平整。（4）褊棱：用褊錾把四边棱角凿出来。（5）斫砟：用斧刀把表面进一步砍平。（6）磨硫：用沙石水磨去其斫纹。

在等级较高的建筑物中，将石构件表面作上述各种雕饰。《营造法式》记载的雕刻形制有四种：（1）剔地起突（即高浮雕）（图15-2-30）；（2）压地隐起（即浅浮雕）（图15-2-31）；（3）减地平钑（雕刻上表面为一平面，地子也为一平面）（图15-2-32）；（4）素平（即线刻）（图15-2-33）。其所造华纹计有海石榴华、宝相华、牡丹华、蕙草、云纹、水浪、宝山、宝阶、铺地莲华、宝装莲华十一品，其最后三种仅限于柱础上使用。在进行雕刻时，根据形制采取不同的加工工序，但一般只用五道工序不用磨硫。如果作剔地起突只斫砟一遍，压地隐起华则斫砟两遍。减地平钑则要砍斫三遍。完成砍斫工序后涂上调墨的黑色蜡，然后在上面描花纹，进行进一步加工。

（七）对木料因材施用的原则

当时的建筑物除少量用砖石砌筑外，绝大多数用木结构。木装修，对于木材的合理利用是一个重要的问题，从《营造法式》没有明确规定建筑的开间、进深、柱高的尺寸问题就反映了制定《营造法式》的人对节约材料、因材施用是有所考虑的。不仅如此，还列有专门章节对材料的使用加以论述。如锯作制度用材植、抨墨、就余材各节，就规定了用材的一些原则；在解锯木材时绝不能大材小用。"凡材植须先将大方木可以入长大料者，盘截解割，次将不可以充极长、极广用者，量度合用。名件亦先从名件就长或就广解割。"在下墨线时，更要注意构件的特殊形状，"务在就材充用，勿令将可以充长大用者截割为细小名件。"遇到"或斜、或讹、或尖者，并结角交解"。例如飞子就采取了结角交解的办法，"颠倒交斜解割，可以两就长用"之类（图15-2-34）。在就余材中，提出"木植内如有余材，可以别用，勿令失料"。并指出遇到板材有裂纹时，要尽量审视构件的长短、宽窄、就纹解割。有细小裂纹还可以带纹使用的，则留余材于心内，就其厚别用或作版。此外，在遇到梁断面不足时，也可以缴贴令大再加一层木料称为"缴背"（图15-2-35）。柱子直径不够大时，可以作成拼合柱，用两块或三块、四块木料拼合成一个圆柱（参见图5-2-15）。小木作中也有一些考虑木材合理使用的处

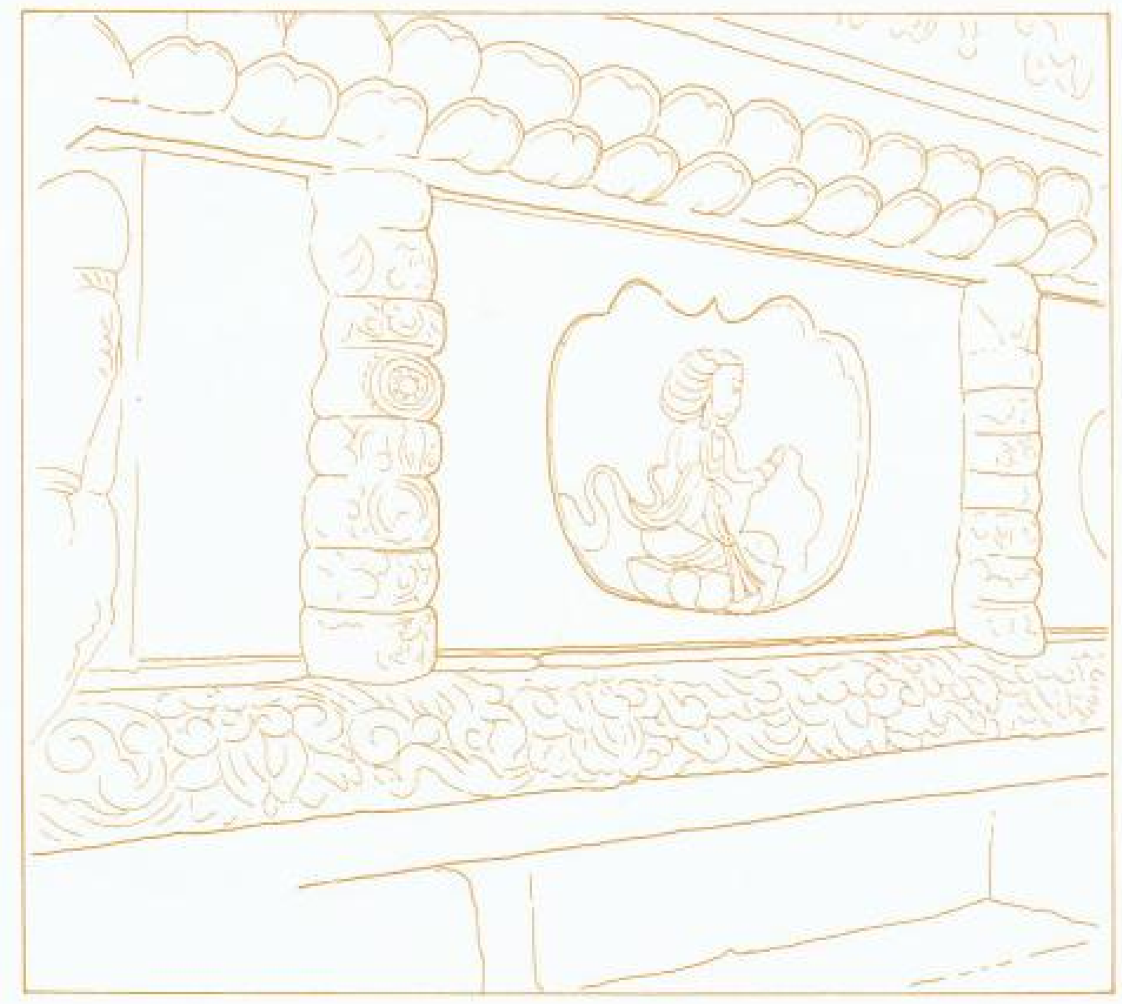
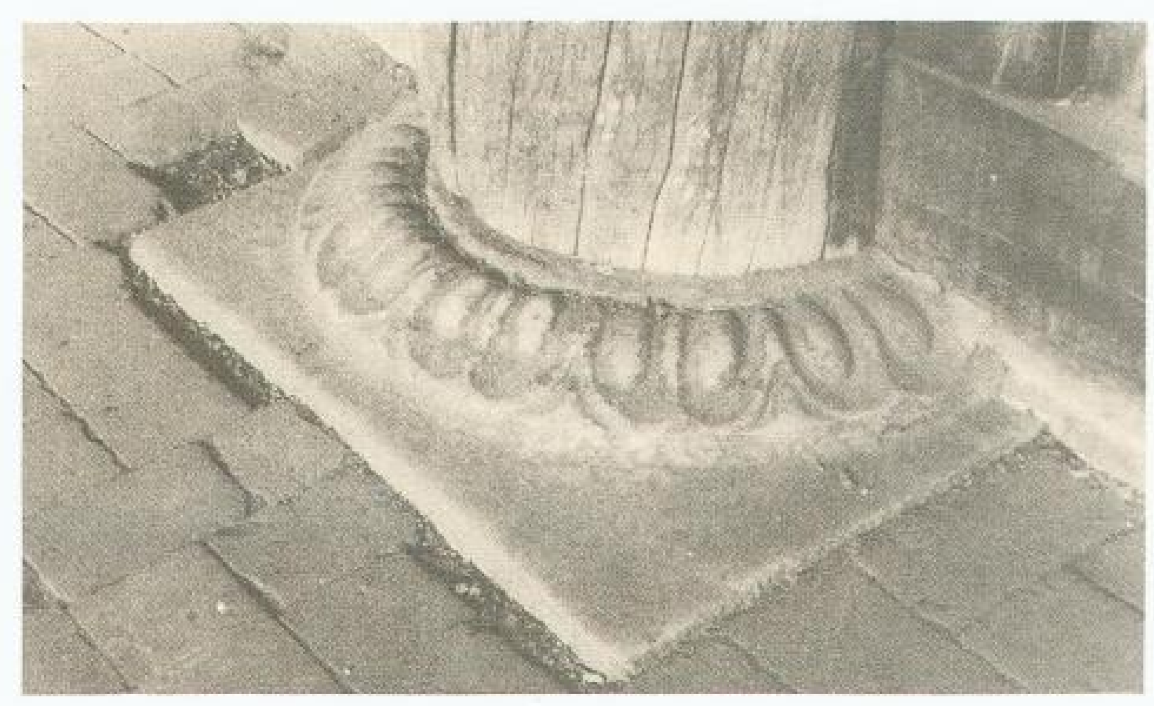


图15-2-30　惕地起突（正定隆兴寺大佛阁香案须弥座）



（1）南京栖霞山舍利塔基座



（2）河北曲阳北岳庙德宁殿柱础

图15-2-31　压地隐起

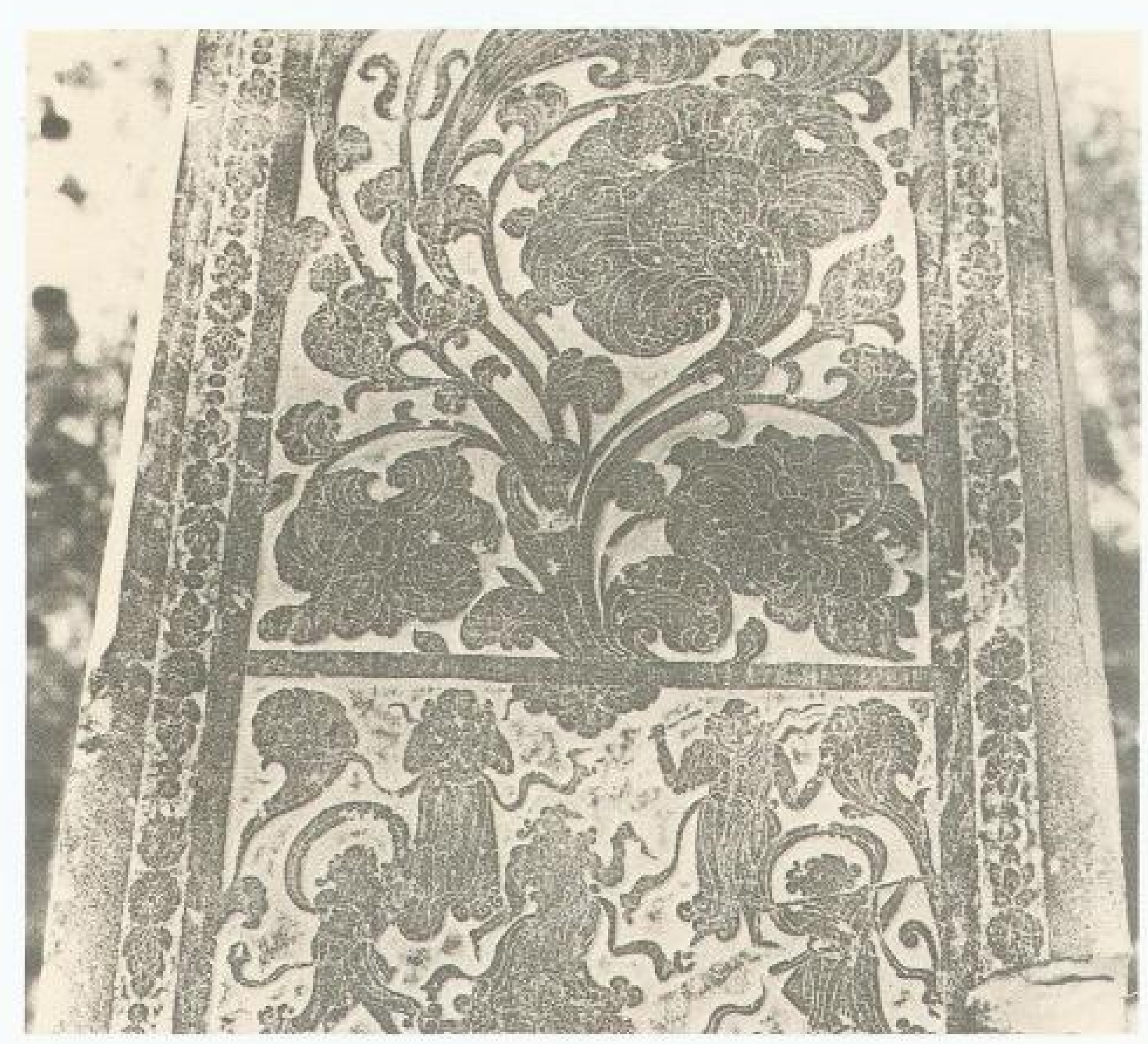


图15-2-32　减地平钑河南登封中岳庙宋碑拓片

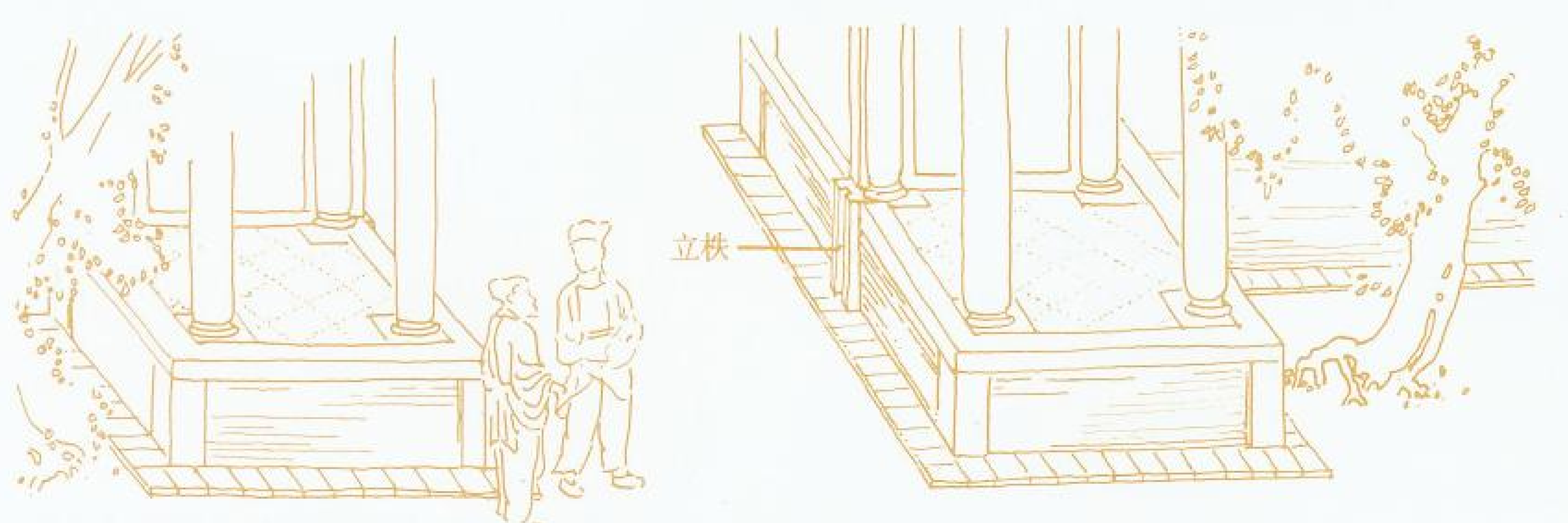
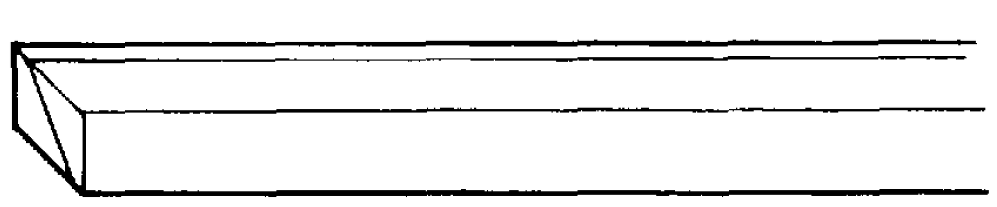


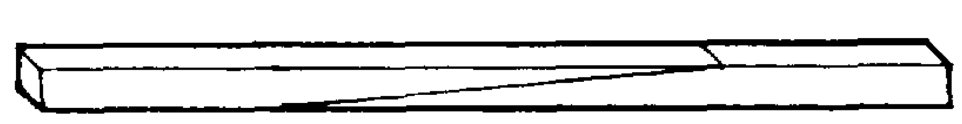
图15-2-29　立柣（摹自宋画《中兴祯应图》）



图15-2-33 素平——山西长子县法兴寺大殿石门框线刻花纹



大连檐（交斜解造）



飞子（两条通造，结角解开）

图15-2-34 连檐、飞子下料图

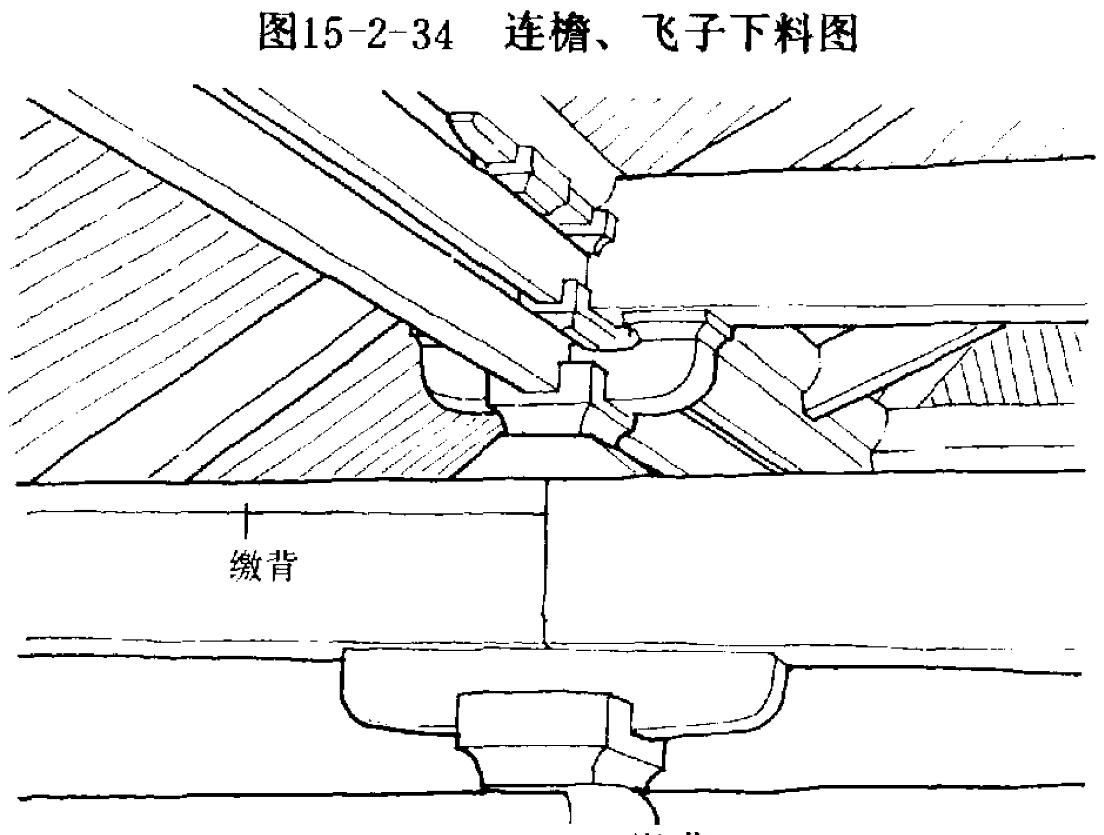


图15-2-35 缴背

理办法，例如版门的身口版，除长度必须符合版门规定高度外，其宽度没有规定出尺寸，只提到“广随材”的原则，这样就可使木料得到充分利用，不必锯掉边角，变成整齐的长方条，可是上下宽窄不一，只要把口诀拼起来即“合缝计数令足一扇之广”即可。正定开元寺钟楼的板门就是这样处理的。在木装修中，经常采用牙头护缝的装饰手法，其实，这也是对于出现拼板板缝，需要加以掩饰以求得美观的一种处理。

四 《营造法式》一书的历史局限性

按照《营造法式》修盖的房屋是为封建统治阶级服务的建筑，因此必然要反映封建统治阶级的思想意识，《营造法式》虽然并没有专门论述当时的建筑艺术思想，但在它所记述的工程技术的字里行间，明显的反映出封建统治阶级的一些建筑艺术观点。

首先表现在等级观念方面。封建统治阶级一贯把建筑作为衡量使用者身份高低的重要标志，从建筑的间数多少，进深大小，装修的精致程度，直到一砖一瓦，处处都要分等第，《营造法式》也不例外，它把十三间建筑作为最高等级，其次是十一间、九间、七间、五间……。随着间数的多少决定用料等第的高低。斗栱以出跳数的多寡来衡量，最高的是出双抄三下昂的八铺作，计心造；最简单的是斗口跳或把头绞项造，用在等级最低的房屋上。屋顶形成以四阿殿阁为高，其次才是厦两头造；屋顶举起的总高随着房屋等级的不同也有很大差异。屋面用瓦、垒脊，也有等第，大殿用筒瓦，瓪瓦互相配合，而厅堂则仅仅使用瓪瓦。瓦下补衬的材料也要分等级，以柴栈为上，板栈次之，再次是竹笆、苇箔。垒屋脊、殿阁正脊31层，堂屋正脊21层，厅堂正脊19层，……常行散屋正脊7层，营房则仅3层。屋顶上的装饰构件如鸱尾、兽头大小之分也是表现等级的一种标志。此外台基的高度、作法，地面铺砖的规格，也都是用来作为标志房屋等第高低的一个侧面。

其次是建筑追求过分的装饰。宋代建筑装饰的复杂程度是空前的，不但在木构部分要绘彩画，而且还使用大量的雕刻，尤其是木雕和石雕，有些装饰手法过于繁琐，例如佛道帐和经藏的木柱子雕成缠龙柱，天花藻井也常常使用雕刻的龙凤。石构件上也使用复杂的花纹或动物作为雕饰题材。

第三是不惜功本的建造特殊建筑。尽管《营造法式》的编者指出编修的目的是为了控制功料，但用于显示封建统治阶级尊严的建筑却可不在控制之列；而且追求豪华的装饰不惜功本，从功限中可以看到，雕镌一个带剔地起突海石榴花的柱础，需要80功，那么如果建造一座象法式地盘图中所画的有66根柱子的大殿，仅柱础一项就要花上5200个功。那些用于宣传封建迷信的宗教建筑，不但在结构上要消耗巨大的劳动力和资金，而且还要在室内装修上大肆挥霍，建造什么“天宫楼阁”用以麻痹人民，为了表现神秘色彩采用了把建筑缩小比例，搬入室内的做法，这样一座天宫楼阁要花费5000个功，这是多么惊人的浪费啊！

此外，编者本身的阶级局限性，也给法式带来了一些矛盾，尽管李诫重视工匠经验，也亲自管理过一些工程，但必竟由于他是统治阶级的一员，只能“勒人匠逐一讲说”，这样就使得工匠的经验在“勒”字的统治下，不可能完全被总结进去。因此书中也存在着前后制度相矛盾的情况，有些重要的工程作法也会被遗漏掉。当然，李诫对于《营造法式》疏理纂辑之功仍是应予肯定的。

《营造法式》一书，是对十一世纪末北宋时代“益为严善”的土木工程技术的总结，它反映了当时的技术成就。由于这部书能够把工匠口头流传的零散经验加以汇集、整理、归纳，它的颁行、实施对于当时建筑技术的发展是会起着推动作用的。不过在《营造法式》颁行后仅仅二十三年，北宋王朝便灭亡了，从此《营造法式》一书也随之失散。二十年后在南宋绍兴十五年（1145年）又予重刊，尽管南宋的地理条件和工程情况与北宋有较大的差别，但仍选择《营造法式》来重刊，说明《营造法式》在那个时代，确实是一部权威性的典籍。直到今天，它仍然有着不可磨灭的历史价值，是我国古代建筑技术发展史上的重要文献。

第三节 《鲁班经》评述

我国古代民间建筑技术的传授，是历代匠师采取在实际操作过程中口授和钞本的形式，薪火相传。由匠师自己编著的书非常少，宋初木工喻皓写的《木经》，早已失传，只有少量片断保存在沈括的《梦溪笔谈》里。惟独明代的《鲁班经》是流传至今的一部民间木工行业的专用书，具有重要的史料价值。

这部书的前身，是宁波天一阁所藏的明中叶（约当成化、弘治间，1465—1505年）的《鲁班营造正式》，著录于明万历时（1573—1620年）焦竑的《国史经籍志》里，简称《营造正式》。但是，天一阁本是残缺不全的。虽说如此，仍然可以看出，它和以后称为《鲁班经匠家镜》的万历本有很大不同。因此，有必要把它们分开来谈。

天一阁本的特点是：内容限于建筑（一般房舍、楼阁、特种建筑：钟楼、宝塔、畜厩），而不包括家俱、农具等；编排顺序比较合乎逻辑（先论述定水平垂直的工具，一般房舍的地盘样及剖面梁架，然后是特种类型建筑和建筑细部如驼峰、垂鱼等），没有大量的克择选日的内容，没有《鲁班秘书》这一类魇胜禳解的迷信内容，因此比较切合实用。

另外，天一阁本插图较多，与文字部分互为补充，易于理解；而且保存了许多宋元时期手法。例如：定平工具“水绳”图，与宋《武经总要》和《营造法式》所载的水准完全一致，“浮子”称作“水鸭子”，则采用了当时工匠通用的口语；“小门式”的附图，表明用于墓前的小门、柱出屋面之上垂斜贯木板，是宋乌头门日月版遗制，见于

宋元绘画，而明以后，即已绝迹；又如：垂鱼、掩角、驼峰、毡笠等图，犹存宋式面貌。这些地方，都表现了《鲁般营造正式》的早期性质。特别是，在它的"请设三界地主鲁班仙师文"里，保存了"路、县、乡、里、社"这样地方各级行政机构名称。元代制度在"省"级之下设"路"一级行政机构，例如集庆路（南京）、庆元路（宁波）等，这是明清所没有的（以后的明清版本则改为："省、府、县、都、图"或"省、府、县，乡、里"），使我们有理由推测，《鲁般营造正式》的一些内容，可以追溯到元代。倘若如此，则本书的形成，大约为元末明初。

从万历本（国家文物管理局藏本）起，此书更名《鲁班经匠家镜》。内容和编排有较大改动。但是万历本缺去前面二十一页篇幅。稍晚根据万历本翻刻的明末（崇祯）本（北京图书馆及南京图书馆藏）则首尾完整，可以看到本书的全貌；嗣后的翻刻本，均从万历本或崇祯本衍出，一直到二十世纪初，仍以木版或石印本，流传于长江中下游东南沿海诸省。渊远流长，达五、六百年之久。

经过万历本的重新编集，原来尚保存宋代风格的做法、图样大多被割弃不用（如驼峰、垂鱼、水鸭子、水绳等）或经改绘，失去原意（如"小门式"所绘，已非斜板贯柱；"秋迁架"原意为减去栋柱的做法，竟改为真实游戏用的秋千；又如原图木构侧样，步柱有插拱即宋式所谓"丁头拱"出跳，此则一律改为无插拱的形式）。万历本插图，一律改为立体画法，描绘精致，刻工细腻，但是，当时的编纂者似已对较早期的做法风格不甚了了。也说明从《鲁般营造正式》到《鲁班经》，经历了较长的时间，民间建筑风格做法，有相当大的转折变化。

从万历本起，此书增加了不少木工制作的日常生活用具、家俱等项，崇祯版本则又增添手推车、水车、算盘等内容。此外，又增补了"秘诀仙机"（包括"鲁班秘书"、"灵驱解法洞明真言秘书"）一类风水迷信篇幅。这种变化在一定程度上也能表现出当时民间木工匠师业务范围的发展变化和封建迷信意识形态的影响作用日益重要的情况。

虽然万历本编者缺失，崇祯本卷首则存有编集者的姓名："北京提督工部御匠司司正　午荣汇编

局匠所把总　章严　　　　全集

南京御匠司司承　周言　　　校正"

午荣等三人的事迹，没有其他史料可资查考，"御匠司"和"局匠所"两机构，也不见于史书。以明代之人记明代之官职，理不应有误；其所以如此，推究其因，或"御匠司"是工部营缮司（原名"将作司"）的俗称，或出于不谙官制的民间匠师的伪托，均已无法确切判断。不过"汇编"、"全集"，这样的用词，却是恰当的。因为，本书的若干内容，确实是由当时流布于民间匠师之中的一些书籍、抄本、口诀加以搜集摘抄编集而成。

《鲁班经》的主要流布范围，大致为安徽、江苏、浙江、福建、广东一带。现存的《鲁班营造正式》和各种《鲁班经》的版本，多为这一地区所刊印（天一阁本为建阳麻沙版，万历本刻于杭州）。此区的明清民间木构建筑，以及木装修、家俱保存了许多与《鲁班经》的记载吻合或相近的实物，甚至保存若干宋元时期的手法特点；这一现象的地域与《鲁班经》流布范围恰相一致，不是偶然的。例如：天一阁本的"楼阁正式"图，楼檐柱立于栏干靠背斜撑之上，此制可见于徽州的明代住宅（例如歙县郑村苏雪痕宅、歙县柘林乡方新宅）[1]；浙江东阳、新昌一带，也有类似做法。又如：天一阁本"七架之格"图和"三架屋连一架"图所示外檐斗栱，均用插栱（宋式所谓丁头栱），普遍见于皖南、浙江、福建、广东的民间建筑中，而北方则较罕见。驼峰、垂鱼、掩角（榧椾）之类，民间建筑惟福建保存为多。这些地方都表明了《鲁班经》所反映的地域特征。

此书冠以"鲁班"之名，书中称鲁班为"仙师"、"祖"，则反映封建社会的行帮组织用迷信来维系的情况。鲁班，根据此篇者的"鲁班仙师源流"一文，指的就是历史上确有其人的公输般。鲁班自古即被当做能工巧匠的代表人物，但是早期并未加以神化。例如汉代《析里甫阁桥颂》里说："析里大桥，于今乃造。校至考坚，结构工巧。虽昔鲁班，亦模拟象……"。造析里桥匠人，比鲁班还要高明，可见鲁班还不曾获得尊崇为神的地位。由于手工业的发展而出现行会，各种行业遂有自己的祖师；木工这一行业的源起情况，史料不甚了然。《鲁般营造正式》保存"请设三界地主鲁班仙师文"（万历本以后改为"请设三界地主鲁班仙师祝上梁文"），使我们推测木匠行业供祀鲁班，大约始于宋元时期。明清以后，供祀鲁班的庙、祠、馆，同时即为木工行业公会所在，各地均有，甚为普遍。例如北京清《乾隆京城全图》有"鲁班庵"，其地在广渠门内羊市口斜街，清末则在东晓市北鲁班馆胡同，苏州木工瓦工水作行业合并之公会，称"梓义公所"，在该城洙泗巷，木作供祀鲁班仙师，水作供祀张班仙师。上海有鲁班殿数处（陈行、豫园等地）；又有鲁班阁，则为在沪广东造船工人的公会所在。参加行会有向行会缴纳会金的义务，行会则举办某些慈善救济事业（义冢、失业补助之类）。近代苏州有"鲁班会"，则讲求技术，交流经验，有一些研究性质。《鲁班经》崇祯版卷首"鲁班仙师源流"的结尾说："皇明永乐间，鼎创北京龙圣殿，役使万匠，莫不震悚，赖师降灵指示，方获落成。建庙祀之，扁曰鲁班门，封待诏辅国太师北城侯，春秋二祭，礼用太牢。今之工人，凡有祈祷，靡不随叩随应，诚悬象著明而万古仰照者。"

这段话当然属迷信之说，但反映了行会祭祀鲁班、祈祷灵佑的活动；也表明了此书与行会制度的关系。在某种程度上，此书是带有行会的规矩准绳性质的职业用书。

在以木构为建筑结构主体的我国，木工是建筑过程的主要工种，熟练木工（工师、都料）成为工程主持人。因为，建筑的尺度（开间、进深、举高）由木构定，施工进度视木构主体工程的工序来安排，测量标高定平定位，由木工掌握，因而木工就获得了主导地位。《鲁班经》就是给这样一个作为工程主持人身份的木工所用的手册性的汇编，在其中列举了当时认为工程过程最必要知道和注意的事项：祭祀鲁班的祈祷词，各工序的吉日良辰，门的尺度（认为十分重要），一些建筑构件、家俱的尺度和要点，阴阳风水（相宅），厌镇禳解的符咒与镇物等等。

在这里，具体的技术规定和阐述下降为次要内容；这是因为使用本书的人，按理在技术方面应该已经很精通熟练，毋需多讲；此外，技术的传授和启示，是由口授和抄本来解决的，不是这本书的任务。因此，我们可以看到，书里很少涉及具体技术细节，所列举的一些建筑常用尺寸，大约是为了估算建筑体量和据此而来的木料和其它材料（砖、瓦、灰、泥等）的用量；同样，家俱的一般常用尺度除了适用的目的，也有算料的用处。因此，本书的本来性质（编书的目的），不是为了总结和传授技术经验；我们只是把它作为史料，从中看出当时的技术发展水平以及名件、术语、形制等。它必须和现存的古代实物相印证，才能比较全面的认识当时的民间建筑技术。

我们从本书中（文字与图同等重要）所了解的技术情况大致是：

一　当时民间房舍施工步骤

（1）伐木备料。

（2）画起屋样："用精纸一幅，画地盘阔狭深浅（面阔尺寸谓之阔狭，进深尺寸谓之深浅），分间架（间为三间五间之类，为开间；深为三、五、七、九、十一架之类，即檩数，福建有达十五檩的例子）；或柱柱落地（每檩之柱皆落地，这是穿斗式构架的基本形式）；或偷柱（柱不落地，谓之偷柱）。此时用过步梁即乳栿承两檩；用眉梁即月梁承三檩以上；或使用斗磉（础石），皆在地盘上停当（酙酌合宜）。"这是讲的在平面图上应标注的项目（图样比例尺用例如二分折一尺，五分折一尺等等）。

（3）起工架马："马"，是截锯木料的工作架，一组两马，每个由相互垂直的三根圆木合成。第一步加工是后步柱（最北一列），然后再加工栋柱（即脊柱）及前步柱。如有仲柱（即"襟柱"、后转为"金柱"）亦顺次插入，立柱的顺序也是由后向前。

（4）画柱绳墨、齐柱脚：柱梁是否周正无欹斜，全在榫卯位置准确，柱中线与地盘位置正确，截锯柱脚恰如其分（收分侧脚由此决定）。总之，全在绳墨的准确来保证截料的正确。这是指的柱下端。

（5）齐木材、开柱眼：柱上端的截料和开卯口。

（6）动土平基：在基址中心立一方表。用"水绳"、方表定平，平整房基地坪。

1）详见《徽州明代住宅》一书。

（7）定磉、扇架："定磉"即安放柱础，也就决定建筑的标高和柱缝（柱纲中心线）位置。磉石有否及位置根据平面图的开间进深及是否偷柱决定。安放后，并需按分间尺寸将柱缝落墨于磉石上。"扇架"，是用木槌将柱、梁、枋合榫、拼装。

（8）竖柱、上梁、扇架即是进行拼合木构架。此处"竖柱"专指栋柱；"上梁"，指脊檩。这一工序，认为带有关键性质，必择吉日，且须举行隆重仪式。

（9）折屋："折"为举折，即立童柱，加檩（除脊檩其余各步）加椽，构成屋面。

（10）盖屋：加瓦。

（11）泥屋：粉刷内外墙面、墀头、天沟等。

（12）开渠：平水沟（排浅雨水或污水出基址范围以外），即做阴沟。

（13）砌地：用砖、石铺砌室内外地面。

（14）结砌天井阶基：天井即由四周阶沿形成阶基用砖（高不超过15皮，约一尺五寸）或石条（高以一尺五寸或二尺一寸为宜）砌，踏级与此同时进行。

以上9至13项，《鲁班经》只列举吉日克择而不涉及技术，是因为这些工序不属于木工而属于水作（泥瓦工）或石作，故不论及。

迄今在南方农村集镇地区采用民间传统建筑房舍方法时，施工顺序依然基本如此。

二　反映当时工具、定位技术的水平

（1）定平：定平用"方表"，或称"水绳"，表上为一横方，开三个水池（连通），中立"水鸭子"，即《营造法式》所谓"浮子"。这种工具的形式和定平方法同《营造法式》所述完全一致。在平整地基和定磉的全过程，这个表不能"分毫走失"，随时用以校正各点标高位置。此外，有"地盘真尺"（真训为直，即直尺），其直立尺杆有垂绳、中线，用以校正局部范围的水平（不是标高）和柱中线与地面的垂直关系。

（2）定向：用罗经即指南针。用罗经定位主要出于"风水"方向的要求，以八卦或干支命向。建筑定向用磁针不知始于何时，但始见于本书，当是宋元以后事。为日照目致定南北向，则利用极星或日晷，本书未涉及。

（3）木工工具：在万历年本插图中有详细表现。有：木马（见前）；木锯（剖木板或方木，两人操作）、锯、手锯（见"案棹式图"、锯弧形部分用）；斧、凿、钻、刨、圆铲刀（见"棕焦亭图"及"海门楼图"，为使圆料表面光洁圆滑用）；墨斗、曲尺等等。其中一些工具还由于加工要求不同而有差别，如刨，有短（牛头刨）、长之分，又有线脚刨（花刨）。钻、案棹式图中所绘，钻的惯性锤在弓之下；而垂鱼遮风图中，惯性锤在钻柄的上端。这一种型式的惯性锤可以较重较大而不致影响钻心位置因震动而偏移，而且弓绵上下运动距离大，因而钻头旋转周数加多，进速较快，又不影响视线，操作较便，是比较进步的型式。图中操作姿势完全写实。这些工具，至今木工仍然使用。

三　记录了常用建筑类型和常用尺度

（1）依明代制度，"庶人"（非官吏和世袭贵族）房舍不得超过三间。此书以三间为常。"造屋间数吉凶例"虽然提到九间，非常式。进深则自三架起至九架，皆举出常用尺寸：

	三架	五架	七架	九架	注
步柱	10.1	10.8	12.6	13.6	（以尺为单位）
仲柱	——	12.8	——	——	
栋柱	12.1	15.1	20.6	22.0	
段（步架）	5.6	4.6	4.8	4.3	
（举高）近	1/5	1/4—1/5	1/3.6	1/3弱	（按：段数进深尺寸与栋柱高于步柱的尺寸的比值）

从上表可以看出：

①间架愈深，步距（段）愈密；

②檩数(架)愈多，步柱愈高；

③檩数(架)愈多，举高愈大，屋脊高耸。

（2）一般房舍各缝均有栋柱，这也是穿斗架的特点。但在当心间处，常是主要活动范围，偷去栋柱比较宽绰自由，因而出现"秋迁架"。《鲁般营造正式》"秋迁架"之图上说明："秋迁架，今人偷栋柱为之，吉人如此造其中创闲要坐起处，则依此格尽好"。一般偷去当心间栋柱。但安徽歙县明代住在五间情况时，也有次间偷去栋柱的例。又有楼房上下偷柱位置不一的情况：或偷上不偷下，或偷下不偷上（如歙县草市乡孙叔顺宅），这时楼栋柱立于楼楞之上，下空[1]。三间屋明间偷去栋柱，两山栋柱则不偷，后来成为常例，江、浙、皖、闽、明清民间住宅普遍可见。此外，《鲁般营造正式》"玉架屋拖后架"——原作"三架屋后车三架"，"五架屋拖后架"，"九架屋前后合僚"三例。这三例所示，是在正规屋架之一侧或两侧延出一柱，加深一步或两步，前后加"合僚"，即构成前后廊。这一类构架仍然可以从现在安徽、浙江、福建一带明清住宅中见到。其"五架拖后两架"条说："五架屋添两架，此正按古格"。的确，我们常能由宋元时期绘画中看到这种不对称（以栋柱为中）的房舍形象，是流传已久适合生活需要的结构方式。

《鲁班经》又列举了几种建筑型式：棕焦亭、门楼、楼阁、凉亭、水阁、桥、钟楼、祠堂、寺观等，有简要文字说明，并附有图。

《鲁班经》又列举了几种特殊类型的建筑：王府宫殿、周天台、郡殿角式。这些叙述与此类明清建筑遗物（明清故宫、王府、观象台）并无任何吻合之处，牵强附会，似乎纯为臆想。这反而证明此书的编纂者是民间匠师，他们并未接触过这些特殊建筑，是不可能出于具有"御匠司司正"身份的午荣一流人物之手。

四　与农业生产有较密切联系

《鲁班经》反映了当时木工业务范围，除了一般房舍、祠庙、桥亭以外，还有为农业生产需用的项目，如仓、厩、畜栏、某些木制农具（水车、手水车）、推车（农村运输用）及风箱（主要用于锻造铁农具时锻炉鼓风）。

在这一段中，夹杂不少迷信内容，但并非完全无稽。例如入粮仓需赤脚不许穿草鞋，是为防止带入昆虫或虫卵及其它污物，入仓后不许吃食，是为了防止残留食物发霉繁殖霉菌，影响储存的粮食；根据"牛性怕寒"，牛舍建于住房之东，门东向朝阳，可以使牛温暖；等等。

所有马厩、豕栏、羊栈、鸡舍，均说明形制做法有一些经验尺寸。

五　比较详细记录了当时民间日常生活用具和家俱的型式、构造和尺度

大致分为以下几类：

（1）床类：大床、凉床、藤床，均较常见，至今仍为南方农村主要家俱。大床周围设屏板（或为隔扇式），前有踏板、栏干、围屏内悬帐，有的且设搁板抽屉作贮物用，俨然如一小室；雕饰华丽，最为重视（图15-3-1）。凉床、藤床（以



图15-3-1　大床

藤织床面不用板）则四周空敞不封闭，也有帐架及踏板（图15-3-2）。禅床较特殊，为寺院僧侣生活用，如今所谓"通铺"，前沿设坐板、挂衣枋；也可当作一种史料。

（2）案几类：案棹、八仙桌（长方形、非今日的正方形）、琴桌、方桌、圆桌、一字桌、折桌、香几等。均有常用尺寸。案桌为堂屋正中所设，为供奉香火处，是必备之物。南方一般均为条案，此书所载有抽屉抽箱的形式则为今日北方常见，颇出意外。

（3）椅凳类：禅椅、板凳、琴凳、踏脚仔凳。禅椅即《遵主八笺》（明高濂撰）中所谓"仙椅"，可仰枕。在插图中，有一种踏脚凳，上有纺锤形滚木，就是《遵主八笺》中所谓"滚凳"。这是一种有按摩健身用的器具。此书仅用图示，正文未涉及（图15-3-3）。

1）详见《徽州明代住宅》一书。

（4）屏风类：屏风、围屏。后者由六片或八片组动，可以折叠展平，如今日活动屏风。

（5）箱类：扛箱（运送用）衣折、衣箱、药箱、衣笼。

（6）橱柜类：柜（脚有转轮可以推动）、药橱、衣橱、食格。

（7）架类：衣架（素、雕花两式）、镜架（镜箱）、面架（面盆架）（图15-3-4）、花架（花盆架）、铜鼓架、鼓架、烛台、灯挂、大斗（有遮风罩灯架）、伞架。除镜架如箱、面架、花架多柱以外，其余皆独柱或两柱。屏风类此。最简单形式为“奖腿”及“琴腿”构成三角支架。奖腿又为“日月掩象鼻”式，此式五代、宋画已有见。后来不仅木作用，石作（牌坊夹柱）亦仿此，虽雕缕繁简不同，但基本形体相似，成为最普遍的装饰题材之一。

（8）其它：棋盘（围棋、象棋）、招牌、牌匾（对联用）茶盘、算盘、洗浴坐板（箍桶作虽属木工，但另立专业，不列入此）、看炉、方炉、香炉（均指炉架）。

在家俱部分杂入驼峰、垂鱼等建筑附属物，说明《鲁班经》虽以《鲁般营造正式》为底本，但概念混淆，对各名件作用不甚清晰。

在以上记载里，有各种部件名称和常用尺寸。对有的家俱，还规定材料，如药箱用杉木，忌用杂木，恐影响药质；又如往往指明所用的线脚和雕饰题材。许多资料、文字不备、而来自插图，二者相辅而成。插图以万历本最佳，是研究明代家俱的重要资料。

《鲁班经》又是研究当时社会阶级斗争状况的资料，主要表现于“秘诀仙机”这一部分。其中，“鲁班秘书”是工匠的武器，而“禳解类”、“解魇”、“真言秘书”之类，则为雇主（封建阶级）服务。

利用迷信符咒之类作为手段，来要求改善生活条件，提高劳动报酬，以反对封建阶级雇主们的剥削压迫，是由来已久的事。宋元笔记中，屡有所见。例如：《杨文公谈苑》：“造屋主人不恤匠者，则匠者以法魇主人。木上锐下壮，乃削大就小倒植之，如是者凶；以皂角木作门关，如是者凶。”

《西墅杂记》：“梓人魇镇，盖出于巫蛊其咒诅，其甚者遂至乱人家室，贼人天恩，如汉戾园（武帝太子）事多矣。今述所知：余同里莫氏，故家也。其家每夜分闻室中角力声不已，缘知为怪，屡禳之勿验。他日转售于人而折、毁之，梁间有木刻二人，裸体披发相角力也。闻凡梓人家传，未有不造魇镇者，苟不施于人必至自孽，稍失其意，则忍心为之。此则营造者所当知也。”

当然，迷信手法不可能真有作用，也不是斗争正途，但是这种意识形态的存在，是当时那个历史阶段中的一种现象。

《鲁班经》是有意编入“鲁班秘书”一类内容的。除了认为克择时日、门户尺寸、方位朝向均可以产生吉凶后果之外，又用大量篇幅刻印“鲁班秘书”以作魇镇用，足见这是当时木工所需，是木工与雇主之间斗争尖锐的表现。“鲁班秘书”共二十七条，其中对雇主有利的（吉利）仅占九



图15-3-2 凉床



图15-3-3 搭脚仔凳（其最下式为“滚凳”）



图15-3-4 镜架及面架

条，三分之二是对于雇主可以产生凶死、败家、充军、流浪之类魇镇后果的。这当然是为了给雇主施加压力。

但是，紧接着则是为雇主禳解的咒语和符箓。如：“鲁班先师秘符”的咒语：

“恶匠无知，蛊毒魇魅，自作自当，主人无伤，暗诵七遍，木匠遭殃，吾奉太上老君敕令，他作吾无妨，百物化为吉祥，急急律令”。

并规定在上梁时焚符，用狗血洒递饮匠头和众工，于是：“凡有魇魅，自受其殃，诸事皆祥”。实行魇镇和进行禳解，都集中在上梁之时。

就魇镇禳解风水阴阳一类迷信思想而言，它受到宋代的影响也很明显。例如“禳解类”中“九天应元雷声普化天尊”一符，见于洪迈《夷坚志》丙志卷六“十字经”一段故事。又如书中的“鲁般尺”分财、病、离、义、官、劫、害、吉八字，书中提到的玄女尺法，曲尺法，均已见于南宋时类书“事林广记”。而“禳解类”内容中的“泰山石敢当”、“姜太公在此，天无忌，地无忌，阴阳无忌，百无禁忌”，“山海镇悬镜以辟邪”之类，南北方明清时期住宅均能见到，地域很广，普遍存在。这一方面，本书堪称研究这些意识形态现象的重要史料。

《鲁班经》是一部以《鲁般营造正式》为底本改编成于十五世纪的木工职业用书。它既包含了业务的技术方面，又包含了当时社会阶级斗争和社会意识形态在建筑领域的反映。因此它有重大的史料价值。

有别于为宫廷官署服务的“法式”、“则例”，本书是唯一保存下来的以广大民间房舍、木制家俱、生活用具、农业手工业工具为内容的著作，保存了当时的许多做法、常用尺寸、术语和工具形象，是研究木工技术发展的珍贵资料。再者，本书在若干民间抄本、口诀的资料基础上编集而成，又是研究民间建筑传统（特别南方）的重要史料。

第四节 《园冶》评述

明代末年造园家计成编著的《园冶》一书，是一部论述园林建筑的专著，在造园史上有着重要的地位。我国古代园林以自然风景园著称于世。我国古代园林的规划设计与传统的山水画有着密切联系，在园林的营造过程中，往往有画家参与设计。如宋代的俞征、元代的倪云林、明代的张南阳、清代的张琏等。他们本身就善于绘画，或者是从画家脱胎出来的造园家。在中国园林史上，有关造园的著作也是屡见不鲜的。如宋代的《洛阳名园记》、《吴兴园林记》、清代的《游金陵诸园记》、《扬州画舫录》等。但其内容多属于园林的一般记述和描绘。把造园作为专门学科来加以论述，仅见于明末文震亨的《长物志》和计成的《园冶》。就内容来说，又以《园冶》为最完整。

一 《园冶》成书的历史背景

《园冶》虽然是历史上一本重要的造园专著，但关于《园冶》以及作者计成的资料，却非常缺乏。

仅见的除原书正文外，书首有明末官僚阮大铖崇祯甲戌年（1634 年）写的“冶叙”，计成崇祯辛未年（1631 年）的“自序”和郑元勋崇祯乙亥年（1635 年）的“题词”，以及书尾有崇祯甲戌年（1634 年）写的类似“跋”的几句话。在全书之末有两个印记，一为“安庆阮衙藏版，如有翻刻千里必治”，一为“扈冶堂图书记”。在“冶叙”之末有“皖城刘炤刻”。此外，阮大铖《咏怀堂诗》中有“早春怀计无否张损之”一首；《咏怀堂诗外集》中有“计无否理石兼阅其诗”一首；和“宴汪中翰士衡园亭”诗四首。明末清初李渔在《闲情偶记》中也提到了《园冶》。

从仅有的资料来看，我们对计成其人，以及《园冶》成书的情况还不很清楚，但可以看出《园冶》的成书与刻本和阮大铖有着密切的联系。

作者计成，字无否，号否道人，明末松陵（今江苏吴江）人。计成在自序中说，他从小善于绘画，青年时曾到过燕、楚等地游历。中年时定居润州（今江苏镇江），偶然堆了一座假山，从此远近闻名，才开始走上造园的生涯。他曾先后为毗陵（今江苏常州）吴又予，真州（今江苏仪征）汪士衡以及郑元勋、阮大铖等建造过园林。平时利用空余时间编写了《园牧》一书。姑熟（今安徽当涂）曹元甫见了说：“斯千古未闻见者，何以云‘牧’，斯乃君之开辟，改之曰‘冶’可矣。”随即改书名为《园冶》。

明中叶以后，社会的阶级矛盾和民族矛盾发展到空前激化的程度。至天启年间（1621—1625年）一小撮代表顽固势力的宦官集团与大地主世袭官僚相勾结，形成了以魏忠贤为首的黑暗统治。为《园冶》写叙的阮大铖正是魏忠贤的“忠实爪牙”，他曾编造过“百官图”杀害异己。崇祯元年（1638年）在一片舆论压力下，魏忠贤被定逆案，畏罪自杀。阮大铖摆脱了惩处，避居南方。在这期间，阮大铖来到了汪士衡的园林，即计成所经营之园。他认为其园很适合他的情趣，而且计成有专门造园的著作《园冶》，不仅有实践，而且有理论，于是也在一块空地上建造起园林来。在与计成、曹元甫等人对酒当歌的时候酝酿了这篇“冶叙”。

在阮大铖避居江南隐于乡里的十七年中，和计成、汪士衡、曹元甫等人的关系至为亲密。在阮大铖的诗集中经常出现他们的名字。阮大铖不仅为《园冶》写叙，为计成写诗，而且现存的《园冶》版本也出自阮氏。在明末宦官集团威风扫地，声名狼藉，阮大铖处境极其孤立的情况下，计成却以阮大铖的赞赏和支持为荣，两人不仅关系至为密切，而且思想感情也很一致，也许就是这个原因，《园冶》自成书后三百年时间里，和阮大铖的诗文一样，一直不为人们所重视，可见计成当时只是一位没落地主阶级的清客和帮闲。但他以造园为职业，在参与造园实践的基础上，总结了园林设计的经验和劳动人民的创造成果。编著了《园冶》这部造园专著，在学术上还是很有价值的。

二 书中的主要内容

《园冶》一书分为相地、立基、屋宇、装折、门窗、墙垣、铺地、掇山、选石、借景等十部分（图 15－4－1）。相地前列有兴造论与园说。在文字上，全书采用以“骈四骊六”为其特征的骈体文，使用了连篇的典故，讲究对句和词藻，不仅造园内容的阐述受到了限制，而且有些地方用词生僻。

“兴造论”阐述了写这书的目的在于惟恐造园的方法“侵失其源”，于是“聊绘式于后，为好事者公焉”。“兴造论”的第一句就说：“世之兴造，专主鸠匠，独不闻三分匠七分主人之谚乎，非主人也，能主之人也。”并诬蔑建筑工人“惟雕镂是巧，排架是精，一梁一柱定不可移，俗以无窍之人呼之甚确也。”至于“第园筑之主，犹须什九，而用匠什一”。所谓“园林巧于园借，精在体宜，愈非匠作可为，亦非主人所能自主者。”计成所强调的“主”，是“非主人也，能主之人也”，就是说

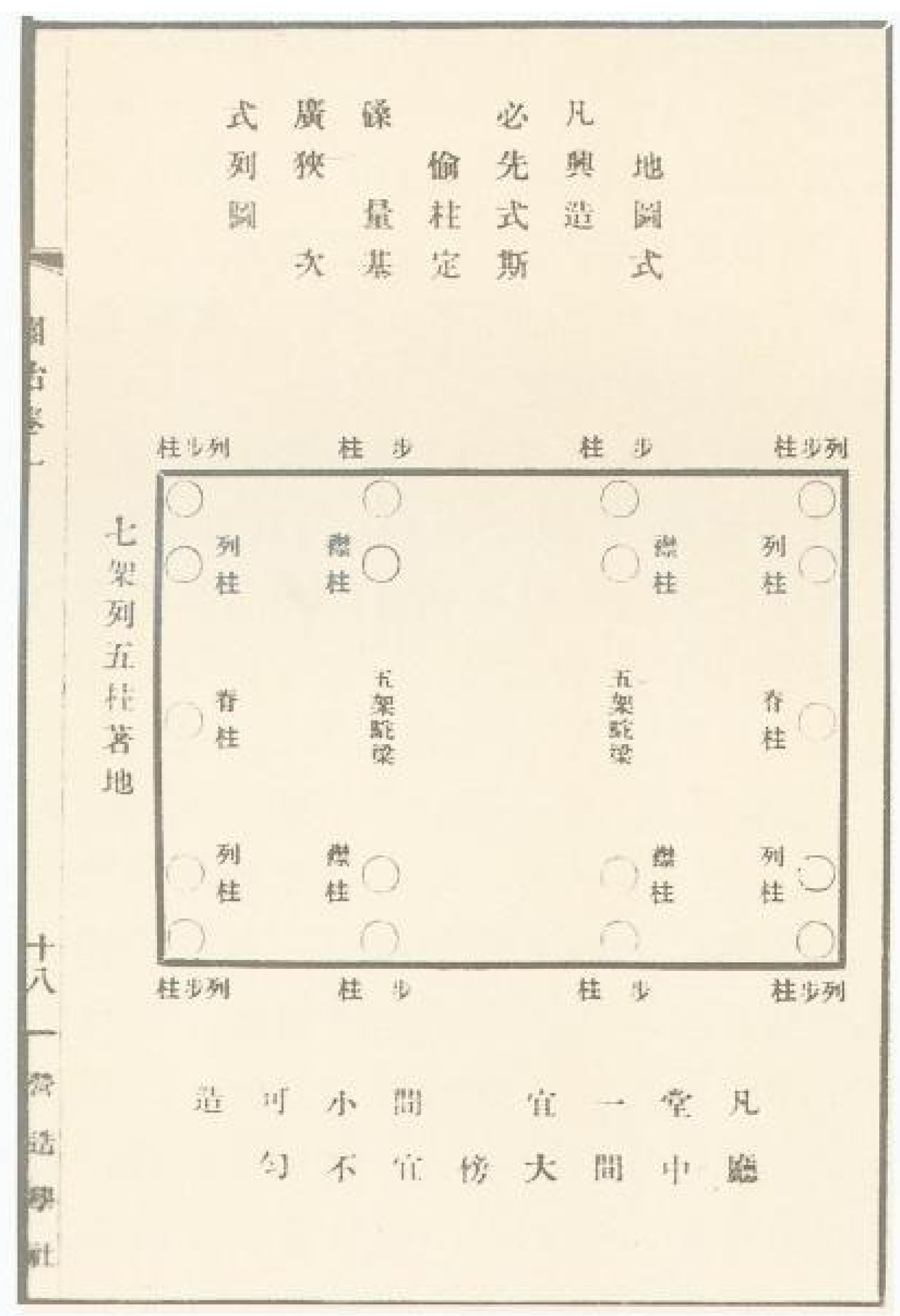
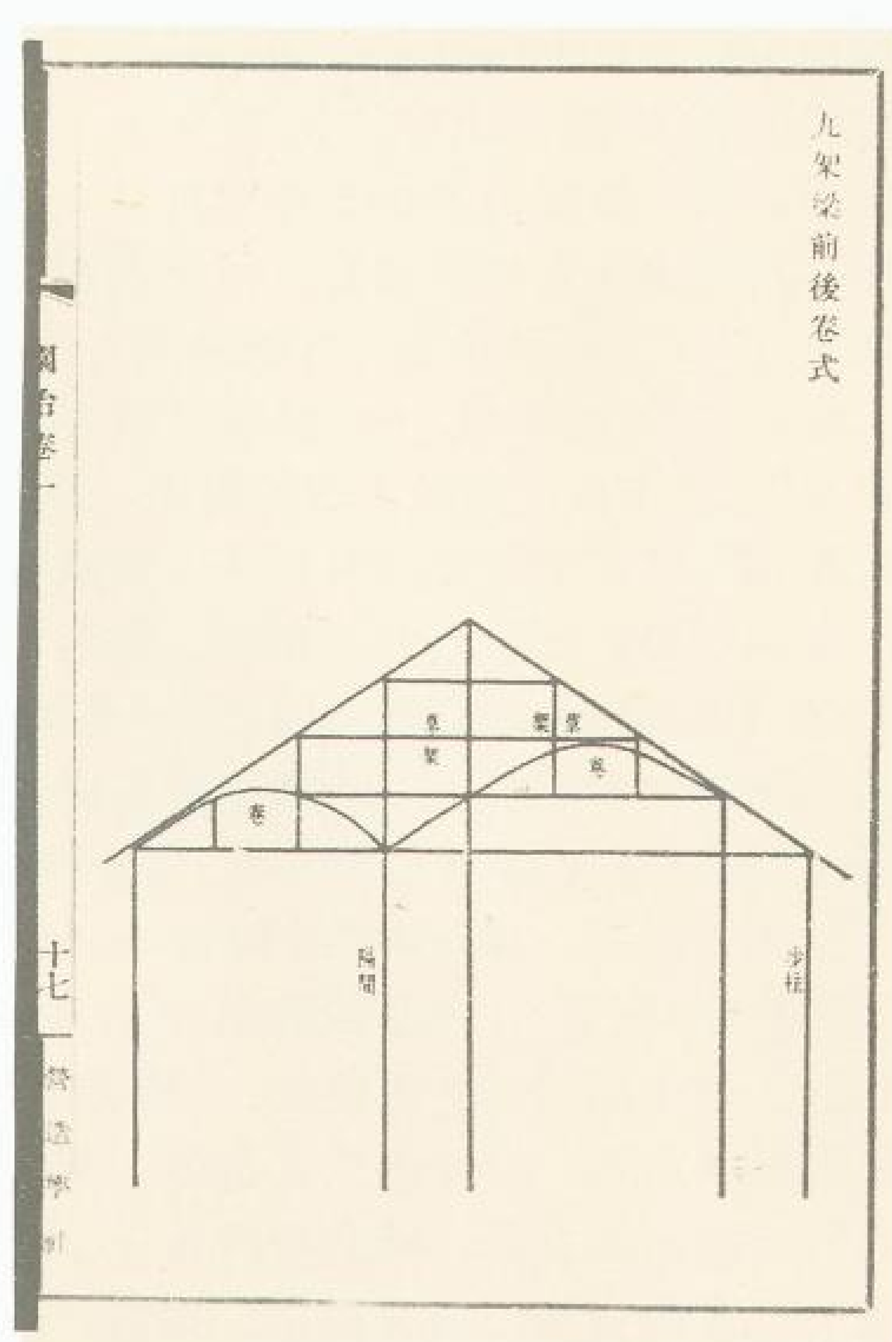
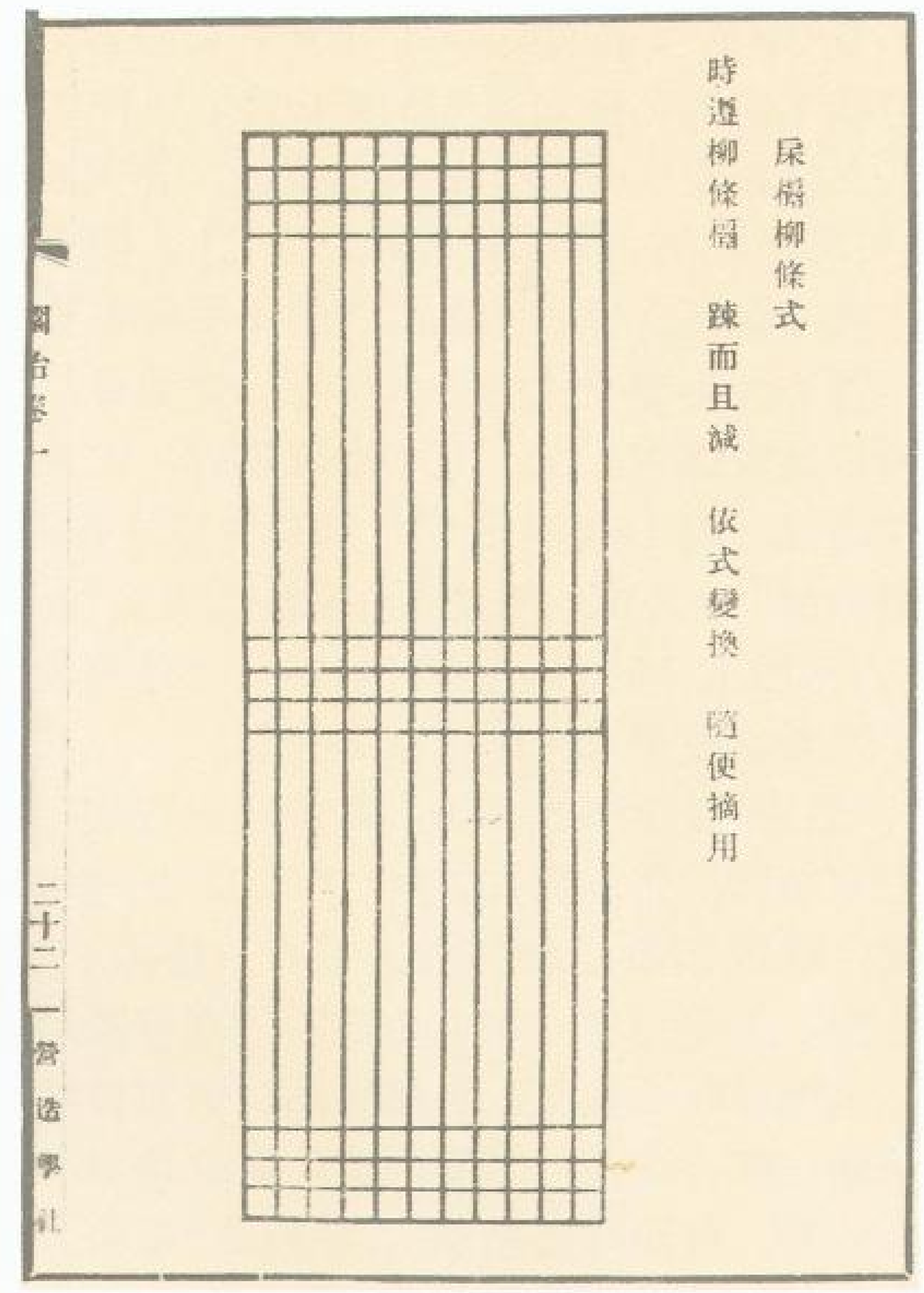


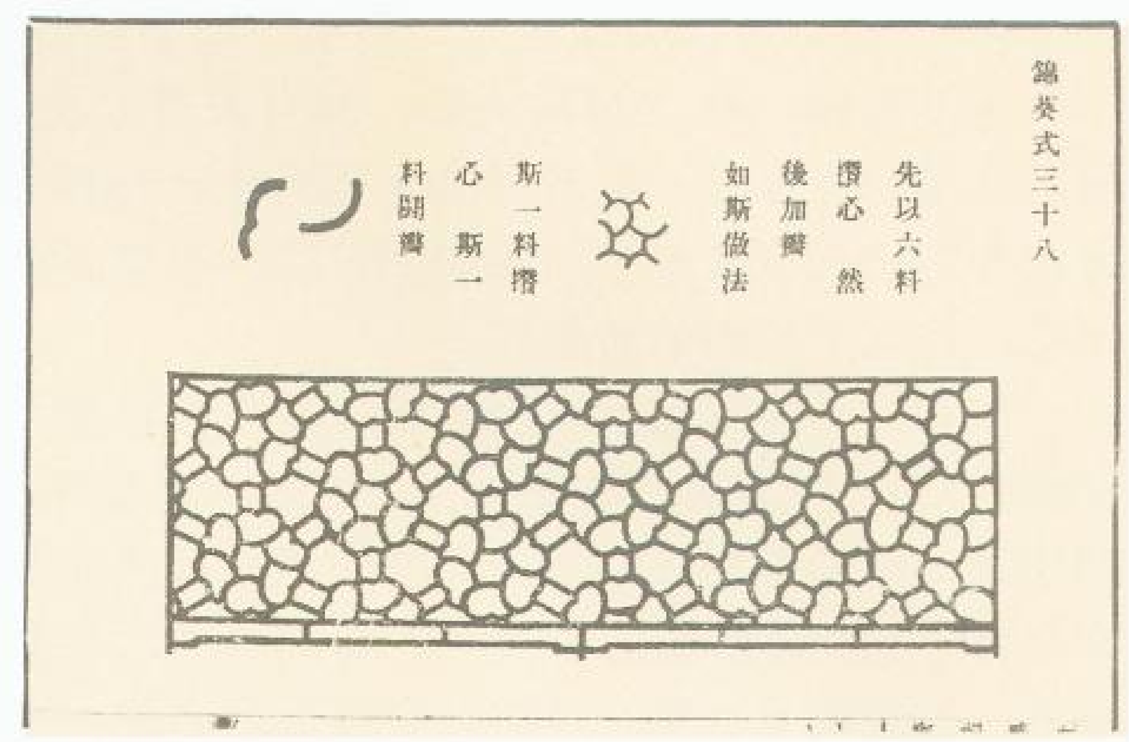
图15-4-1 （1）地盘图（明计无否《园冶》，下同）



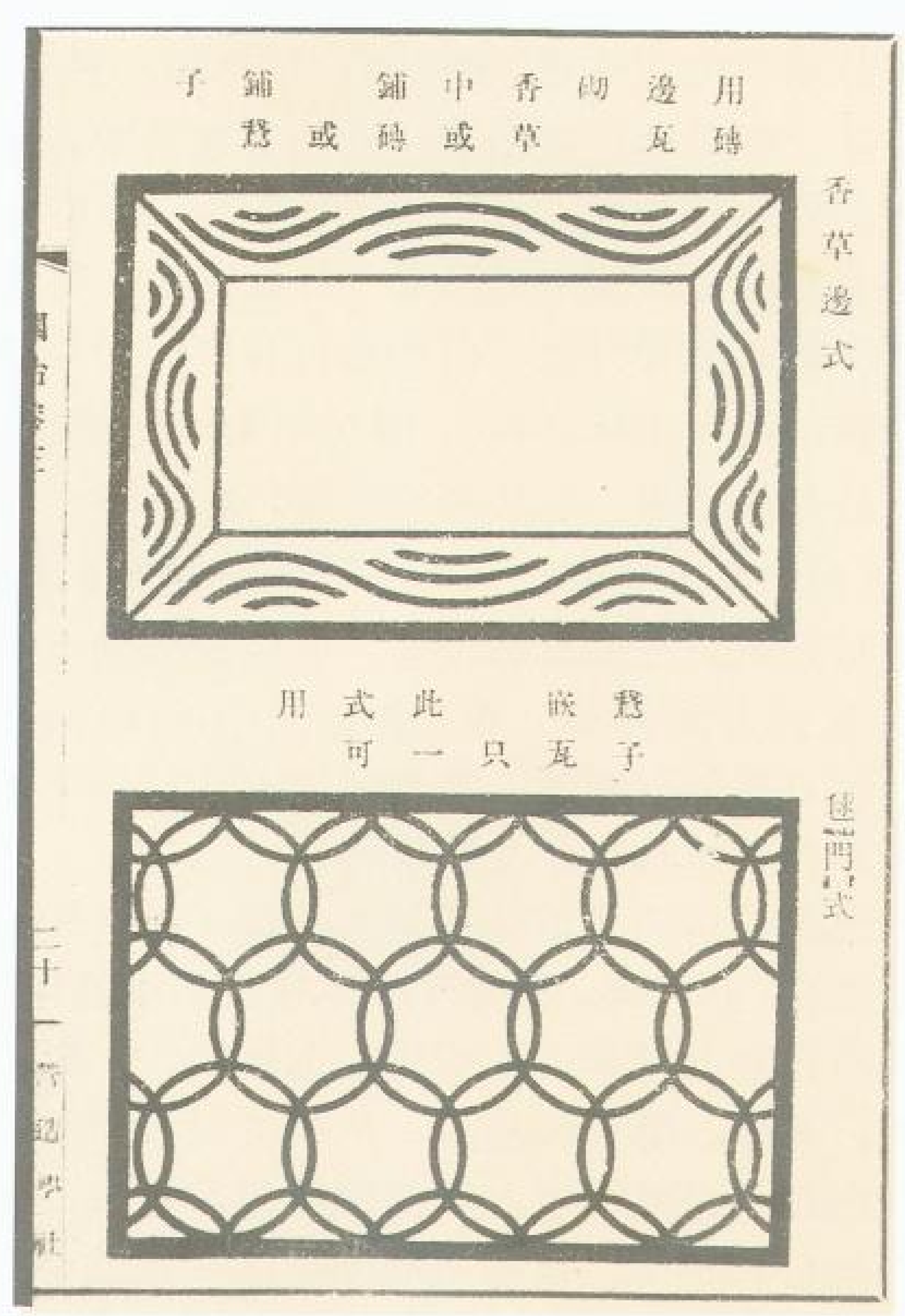
（2）九架梁前后卷式



（3）床隔柳条式



（4）锦葵式栏杆



（5）香草边式、球门式

并不是"园主"，而是园林设计者、造园家。但他对劳动工匠的态度却是"俗以无窍之人呼之甚确也"，"愈非匠作可为"。郑元勋在题词中更说什么"主人有丘壑矣，而意不能喻之工，工人能守不能创，拘牵绳墨，以屈主人，不得不尽贬其丘壑以狥，岂不大可惜乎。"在计成、郑元勋看来，他们的所谓高深道理，工人是不会理解的，工人只会墨守陈规，限于规矩法则，只有计成才有着"灵奇使世闻"的天才，能使"大地焕然改观"，创造"千古未闻见"的园林艺术。所以从立论来说，反映了作者鄙视劳动人民的唯心史观。

"园说"是全书的总论。在造园工程中，技术与艺术相比，艺术应占首位。"园说"从艺术效果出发，就造园所达到的意境进行了描述。如"凡结林园，无分村郭，地偏为胜"，"围墙隐约于萝间，架屋蜿蜒于木末，山楼凭远，纵目皆然，竹坞寻幽，醉心即是，轩楹高爽，窗户虚邻，纳千顷之汪洋，收四时之烂缦"。特别是"虽由人作，宛自天开"，是对中国古代园林特征的一个概括。中国古代园林是自然风景园，同时利用借景等手法扩大园林空间，丰富园林景色。在风景区的园林，通过互相资借，其本身就是自然风景的一部分。因此，园林设计如能做到与周围环境相协调，与自然山水相一致，"虽由人作，宛自天开"，就称得上是成功的作品。但就具体内容来说，"园说"所描写的正是没落地主阶级生活方式与审美观的写照，体现了鲜明的阶级性。

"相地"即园林选址。园址选得好则容易做到"构园得体"。"相地"分别指出山林地、城市地、村庄地、郊野地、江湖地的环境特点和园林的各自风格。如"园林惟山林最胜，有高有凹，有曲有深，有峻而悬，有平而坦，自成天然之趣，不烦人事之工"，江湖地则有"悠悠烟水、澹澹云山、泛泛渔舟，闲闲鸥鸟。"

"立基"指的是园林建筑的设计原则。一般园林以"定厅堂为主，先乎取景，妙在朝南。"首先要考虑取景和朝向。其余的亭台可以"格式随宜"。立基分别列出厅堂基、楼阁基、门楼基、书房基、亭榭基、廊房基、假山基。反映了建筑物在园林中所占的重要位置。也反映了他们在园林设计中的各自特征。如园中书房要"择偏辟处，随便通园，令游人莫知有此，内构斋馆房室，借外景自然幽雅，深得山林之趣"。廊房则要"蹑山腰落水面、任高低曲折、自然断续蜿蜒"等。

"屋宇"、"装折"、"门窗"、"墙垣"、"铺地"是园林建筑设计的具体内容。它对园林的艺术效果起到很大的作用。在《园冶》中不仅都列了专题，而且都辅以图说，为研究江南园林和明末清初的南方建筑提供了文献资料。

"屋宇"讲的是单体建筑的营建，在建筑上属于大木作。除门楼、堂斋等单体建筑名词解释外，在建筑技术上列举了五架梁、七架梁、九架梁、草架、重椽、磨角和地图。从中可以看出中国古代木构建筑的灵活性。如五架梁前后各添一架就是七架梁列架式，如七架梁前后添一架就是九架梁。为了室内外表面整齐，并有利于排水，可以用草架重椽。地图即建筑平面示意图，是施工的依据，"凡兴造必先式斯"，表示建筑为几进，每进几间，用几柱。在图说中出现了"偷柱"这个名词。也就是用驼梁，上立童柱，使柱不着地。"然后式之列图如屋"，相当于剖面示意图。书中列举了架梁式八种，其结构方式与现存江南地区常见的穿斗式相吻合。

"装折"主要指可以安装与拆卸的木制门窗，属于小木作。在功能上起到分隔空间的作用。"假如全房数间，内中隔开可矣。"长隔是装折的一种，一般分为束腰、棂空、平版几部分，《园冶》论述了平版与棂空的比例，说"古之床隔棂版分位定于四六者，观之不亮，依时制，或棂之七八版之二三之间。"《园冶》不仅强调了棂空部分的面积，使室内光线明亮，又照顾到使用上的方便，使平版之高"约桌几之平高，再高四五寸为最也。"棂空的花格既要有变化，又要照顾到整齐，要做到"曲折有条"、"如端方中须寻曲折，到曲折处还定端方，相间得宜，错综为妙"。在构图上要力求革新，不受老框框的约束，"古以菱花为巧，今以柳叶生奇"，栏干"古之回文万字，一概屏去"。要合乎时宜，以减便为雅。

"门窗"指的是砖墙上留出的门窗框洞，它和"墙垣"、"铺地"均属于瓦作。门窗框用磨砖砌筑，不仅式样要行时，而且本身起到框景的作用。墙垣"宜石宜砖，宜漏宜磨，各有所制"。主要以"从雅遵时，令人欣赏"为原则。如乱石墙"宜杂假山之间"漏砖墙有"避外隐内"之意，用于需要眺望的地方。大门的照壁，大厅的面墙都可以用磨砖墙。白粉墙江南地区最为常用，书中记述了传统的用纸筋石灰，为使表面光滑细腻，可以用白蜡磨打。当时还出现了新的施工方法，即用黄沙石灰打底，用少量石灰盖面，用麻帚轻擦，同样可以得到明亮鉴人的效果，而且有利于清洁。铺地不仅充分利用破砖废瓦，而且"各式方圆，随宜铺砌"，可以收到很好的效果。

山石是中国园林中的重要内容。对于"少以绘名"最喜爱荆浩、关同山水画的计成，并没有停留在对山石的艺术描述上，却非常重视工程技术方面的内容。"掇山之始，桩木为先。较其短长，察乎虚实"。叠假山首先要考虑打桩，根据地基的虚实情况来决定桩的长短。同时在施工过程中强调了安全，"绳索坚牢，扛抬稳重"，石材的使用，要注意因材致用，"立根铺以粗石，大块满盖桩头"。在木桩上盖满大块的粗石，然后"渐以皴文而加"，使用有皴纹的好石头，使造型瘦漏玲珑。在山石池、峰、岩的叠砌时，都自觉地运用了力的平衡和杠杆原理，《园冶》中称为"平衡法"。在山石池中使四边受力均衡，以免因受力不均而漏水。峰的造型必须上大下小，为取得平衡，须用二三大石封顶。理悬岩"起脚宜小，渐理渐大"，同样用"平衡法"，使悬跳的部分受力均衡，后脚牢固。对于山石的艺术要求，"峭壁贵于直立，悬崖使其后坚，严密洞穴之莫穷，涧壑破矶之俨是"，"蹊迳盘且长，峰峦秀而古"。总之掇山胸中要有真正的意境，通过概括、创造，使假山的形象有逼真的感觉。也就是"有真为假，做假成真"。阁山"宜于山侧，坦平可上，便于登眺，何必梯之"。是建筑与山石结合的很好办法，现存苏州留园冠云楼，扬州个园，承德避暑山庄烟雨楼都使用了这种方法。峭壁山是依墙叠的山石，"借以粉壁为纸，以石为绘也。"这种手法在现存园林中也最常见到。

选石的内容摘自宋杜绾《云林石谱》，原书载有灵璧石、青州石、林虑石等一百十六种，计成选择他曾用过的十六种摘记下来。可贵的是计成认为"石无山价，费只人工"，"便宜出水，虽遥千里何妨，日计在人，就近一肩可矣"。他认为"古胜大湖，好事只知花石，时遵图尽，匪人焉识黄山"。说出了他敢于打破常规，提倡就地取材，节省人力，又能创造出各种不同的风格。

借景是中国园林的传统手法。计成认为是"林园之最要者也"。又说"如远借、邻借、仰借、俯借、应时而借。然物情所逗，目寄心期，似意在笔先，几描写之尽哉"。联系计成所说"构园无格，借景有因"的具体内容，士大夫阶级的闲情逸志的思想情调在此流露无遗。

三　成就与糟粕

纵观全书，从园林的整体到局部，从设计原则到具体手法，有条不紊地进行了全面论述，最后以借景结束。在客观上反映了我国古代造园的成就，总结了造园方面的经验，是研究古代建筑和园林的一分重要资料。尽管计成说什么"第园筑之主，犹须什九、而用匠什一"，但书中所反映的成就，正是劳动人民生产实践的记录，在历史上远在《园冶》成书之前就普遍存在着的，并一直沿续到现在。但《园冶》起到了综合、归纳和总结提高的作用，必须予以肯定。

《园冶》就造园的成就来说，可归纳为"巧于因借，精在体宜"，"虽由人作，宛自天开"二句话。这二句话的精神贯穿于全书。"巧于因借、精在体宜"是《园冶》一书中最为精辟的论断，它说明建造园林的方法和手段。因借是我国古代造园的优良传统，只有很好的解决了因地制宜和借景，园林的设计才能算做到得体、合宜。《园冶》说："因者，随基势高下，体形之端正，碍木删丫，泉流石注，互相借资、宜亭斯亭，宜榭斯榭，不妨偏径，置婉转，斯谓精而合宜者也。"在我国古代园林中，如始建于北宋的苏州沧浪亭，就是以"崇阜广水"称著，这地方原是一片水乡，"积水弥数十亩"，北宋建园时，就是采取"高阜可培，低云宜挖"的方法，取得了"崇阜广水"的效果。又如建于明代中叶的苏州拙政园，当时这里地势低洼，积水弥漫，建造时利用这个洼地进一步开挖、疏浚。"凡诸亭、槛、台、榭皆因水为面势"，建成以水景为主的园林，具有江南水乡特色。单体建筑如一般住宅的厅堂为三间、五间。《园冶》中说，在园林中"须量地广窄，四间亦可，四间半亦可，再不能展舒，三间半亦可。"并说"深奥曲折，通前达后，全在斯半间中生出幻境也"。这在园林中亦常见到，如苏州留园曲溪楼一带的建筑，灵活自如，几乎分辨不出是几间几架了。

绿化是园林中的重要组成部分。《园冶》虽然

没有作专门的论述，但在不少地方涉及到绿化内容。《园冶》认为新建的园林，“只可栽杨移竹”因为杨柳、竹生长快，可以很快形成绿化气氛。《园冶》对旧园林的改造也很重视，说“旧园妙于翻造，自然古木繁花”，可以充分利用原来的大树。因为开池叠山，和一些建筑活动可以在短期内达到的，而大树则要几十年以至上百年才能形成。为了保护树木，在园林建筑时就要因地制宜地处理。如“多年树木，碍筑檐垣，让一步可以立根，斫数桠不妨封顶，斯谓雕栋飞楹构易，荫槐挺玉成难，相成合宜，构园得体。”又如叠山迭石，《园冶》认为“石无山价，费只人工”，最好是“是石堪堆，便山可采”，“到地有山，似当有石”，“就近一肩可矣”。因此“慕闻虚名，钻求旧石”就成为不当的了。

所谓借景，就是把园外的景色有机地组织到园林里来，或在同一个园林里，使各个景区的景色互相借资。在不大的园林里，使用借景的手法，扩大园林空间，丰富景色，无疑是重要的。《园冶》说“借者，园虽别内外，得景则无拘远近”，“极目所至，俗则屏之，嘉则收之”，斯所谓巧而得体者也”。并归纳说有“远借、邻借、仰借、俯借，应时而借”。借景是我国古代园林惯用的手法见于文献记载的，如白居易《庐山草堂记》中说：“山北峰曰香炉峰，寺曰遗爱寺，白乐天见而爱之，面峰腋作为草堂”。北宋司马光的独乐园也使用了借景的手法。《独乐园记》中说：“洛阳距山不远，而林薄茂密，常若不得见，乃于园中筑台，屋其上，以望万安轘辕，至于太室，命之曰见山台。”又如宋叶梦得《群斋望蒋山》说：“忽看北山岭，突入当坐隅，欢言顾之笑，便觉欲崎岖，似我槿篱间，层峦俨相扶，……”，生动地写出了借景的内容。借景见于实例的，如始建于北宋中叶的苏州沧浪亭，当年在崇阜山上可以远眺苏州西南的灵岩、天平诸峰，建于明中叶的上海豫园，假山上建有望江亭，可以眺望黄浦江，无锡寄畅园借景于惠山，北京夕园借景于玉泉山，至于清中叶建造的北京颐和园，借景于西山则更是借景的绝好例子。但是把借景的内容从感性认识上升到理性认识，从实践的效果提高到理论的高度，还是计成完成的。借景一词用之于造园也仅见于《园冶》。

“虽由人作、宛自天开”，说明造园所要达到的意境和艺术效果。中国古代园林既然以自然山水为模拟对象，因此园林中的山石、水面建筑、绿化都要以自然的存在为基础，经过概括和提炼，以达到“宛自天开”的境界。所以在园林中叠山就“最忌居中，更宜散漫”，假如在厅堂前叠山，“耸起高高三峰，排列于前”，那就是败笔。亭子是园林中不可少的建筑，但“安亭有式、立基无凭”，亭子既有一定的规式，但建造在什么地方，如何建造，要依周围的环境来决定。我们在苏州拙政园中部远香堂眺望，就至少可以看到六只亭子，可是它们的远近、高低、大小、体形各不相同，与周围的景色组织在一起，就显得丰富而自然。但亭子又不仅是供观赏的，亭者停也，是游览过程中停息的地方，停在这里就要求周围有景色可看，不然“加之以亭，及登一无可望，置之何益，更亦可笑”。廊子是游览的路线，“宜曲宜长则胜”，要“随形而弯，依势而曲，或蟠山腰或穷水际，通花渡壑，蜿蜒无尽”。楼阁“立半山半水之间，有二层三层之说，下望上是楼，山半拟为平屋，更上一层，可穷千里目也。”至于装折也应以“曲折有条，端方非额”。其中心思想也就是要自然，要与模拟自然山水的自然风景园相协调。

造园设计是一种综合性的工程技术与园林建筑艺术，计成作为没落地主阶级的清客和帮闲，其设计的思想是不可能脱离其阶级属性的。书中所反映的腐朽生活方式和颓废的思想感情，正是工人所“不能喻”的主要内容，在意识形态上反映了农民、手工业者与地主阶级思想意识的对立。

明代造园的园主，有不少是退休失意的官僚，计成为晋陵吴又予建造的园林亦属于这一类。其指导思想就是在有限的空间里建造一个享乐基地。在这里，他们“暖阁偎红，雪煮炉铛涛沸”，在园林中吃喝玩乐。他们所欣赏的是那“片片飞花，丝丝眠柳”。把“晓风杨柳”比喻为“蛮女之纤腰”。他们所爱听的，是那佛寺的“梵音到耳”和“鹤声送来枕上”。更有那“夜雨芭蕉”，把它比喻为“鲛人之泣泪”，再加上“溶溶月色”，“瑟瑟风声”，“俯流玩月”，“坐石品泉”，这样他们就离尘世更远了。在这里他们悠游自在，物质上精神上都得到了满足，填补了空虚。

《园冶》在“借景”中说：“因借无由，触情俱是”，“物情所逗，目寄心期”。就是说作者所说的借景内容，反映了他的内心的欲望，使所看到的外界景物，与他的内心的情趣相吻合。所以这些自然景物的取舍，正是没落地主阶级思想感情的流露。计成在借景中所描写的内容，除什么“片片飞花，丝丝眠柳”，“俯流玩月，坐石品泉”之外，就是什么“红衣新浴，碧玉轻敲”，“梧叶忽惊秋落，虫草鸣幽”，“恍采明月美人，却卧雪庐高士”，“风鸦入树夕阳，寒雁数声残月，书窗梦醒，孤影逸吟，锦幛偎红，六花呈端”等。这些所谓借景的内容，正如计成所说的“愈非匠作可为”，只有象他这样的清客、帮闲才能设计得出来。这正是计成自以为高明的地方，也正是我们所要批判的内容。

第五节 《工程做法》评述

一 编辑缘起与内容大意

《工程做法》原编七十四卷，清雍正十二年（1734年）工部刊行，《清会典》著录列入史部政书类。全编大体分为各种房屋建筑工程做法条例与应用料例工限（工料定额）两部分，自土木瓦石、搭材起重、油饰彩画、铜铁活安装、裱糊工程，各有专业条款规定与应用工料名例额限，大木作并附屋架侧样简图二十余幅示意。由清朝工部会同内务府主编，自雍正九年开始“详拟做法工料，访察物价”，历时三年编成。这部书在当时是作为宫庭（宫殿“内工”）和地方“外工”一切房屋营造工程定式“条例”而颁布的，目的在于统一房屋营造标准，加强工程管理制度，同时又是主管部门审查工程做法、验收核销工料经费的文书依据。后在乾隆元年更重新编定了《物料价值》一书，与《工程做法》相辅。《工程做法》应用范围主要是针对官工“营建坛庙、宫殿、仓库、城垣、寺庙、王府一切房屋油画裱糊等工程”而设，“修理工程仍照旧制尺寸式样办理”，不在此编新订条例范围。对于民间房舍修建，固然无关经费开支，实际上则起着建筑法规的监督限制作用，与《清会典·工部门》所载“房屋营建规则”各条密切关联，如同刑法“律”与“例”之别，《工程做法》属于“事例”一类。直到清朝灭亡以后，犹有称之为“工部律”的，说明这部官书当年具有的作用与影响。

全书内容重点放在官工。卷前“题本”说的明白：“臣部各项工程，一切营建制造多关经制，其规度既不可不详，而钱粮尤不可不慎……营造工程之等第、物料之精粗，悉按现定规则逐细较定，注载做法，俾得瞭然，庶无浮克。”所谓“经制”、“规度”、“等第”，就是封建礼法，等级制度；“钱粮”是指经费（清代征税以银钱粮米为主）。总之，是要求重视工程的等第规度，还必须掌握经费开支，防止贪占侵冒，保证工程质量，符合基本要求标准为终极目的。

封建社会，统治阶级强调尊卑贵贱，宫室建筑与车舆服色并重，都有等级制度。《工程做法》作为一代官工营造规范，内容虽以工程技术为主，实质精神总未离开等级关系原则。

首先，对房屋建筑划为大式、小式两种做法，明确标志着建筑的等差关系。全编包括二十七种不同类型的房屋建筑范例，订为大式做法的二十三例，小式做法仅四例。名谓分大小，数量有多少之分，并不单纯象通常所说的建筑规模大小而已。着意重点在于揭明这些建筑物从结构造型到装饰彩色，既有形制上的限制，也有物料良窳、造作粗细等质量上的差别，限制条例本于《会典》，实质精神不离根本。开卷庑殿、歇山转角三例，属于宫殿、官修寺庙或王府建筑体制，川堂（穿堂、穿廊）为工字殿组成部分，转角房即周庑（周廊）四隅转角，方、圆亭，楼房多建在宫苑游憩之所，城阙角楼设在城防，用以外围安全警卫。这类建筑物本身或有大小繁简之别，就建筑体制而言，都不是民间所可修建。小式建筑用于民房的，在外观造型上固然也有硬山、悬山或卷棚各种形式，具体而微，无论建筑规模、工料质量，都不能与官工大式相比拟，大小精粗，对比是很鲜明的。宫殿内部同样存在名例等差，但与对民间的限制则有着实质性的差别。

其次，关于建筑间数与间架限制问题，封建统治阶级历来视为关系等级名分的重大问题。建筑间数多寡、间架结构繁简，标志着使用者的身分地位，封建朝代各有禁限条例。明清尤为严格，明文载在《会典》。明清宫殿建筑以九间为尊，故宫太和殿（明代的皇极殿）、昌平明长陵棱恩殿（永乐朱棣墓大殿），大小间架结构同属九开间做法，属于最高体制，除宗庙前殿（今劳动人民文

化宫）构制相同，其余宫殿极少采用。平民房舍多不过三间，即官僚宅第也不许超越三五间数，随名分地位各有定制。《工程做法》对此虽无明文规定，但大木作各卷涉及间架部署，名件规格尺寸，都标有明、次、梢间名称与间架深广丈尺。各种房屋做法的标题，首先标注应用檩数多少，作为大、小式做法的区别。庑殿、歇山房之例，九或七檩做法，间架数目虽然没有明确，按明、次、梢间位序称呼，至少是五开间做法才可以这样划分。一般长方形的房屋，房间多的，明间居中，梢间末尾，位序称谓是固定的。次间夹在明、梢间之间，可多可少，次间多的由明间左右中分，分别称为左、右一、二次间，常是根据房屋间数需要情况加以增减。《工程做法》所以按五间为例未作硬性规定，是考虑到建筑间数随利用对象、建筑性质常有变化，给设计预留伸缩余地，实际对建筑规制限条毫未忽略。

另外，上文说的《钱粮》问题，归根结蒂是要求严格控制工程经费，加强工料定额管理制度。这个问题涉及封建统治阶级切身利益，防范经手官吏从中浮支冒领、勒索克扣，影响工程。《工程做法》在工料应用限额方面几乎占了全书过半的篇幅，有的条款比宋《营造法式》所规定尤为严密具体。清代官工使用物料绝大部分是由官方仓库支领的。对于官发材料的关防制度更为严密，如：建筑木材大宗用料，设计要求成材，规格尺寸分厘必较。原木加工，订有加荒规划，圆木割方预先已将表皮利用率考虑在内，制材大小，出材率由75％—70％各有具体规定。油画治用的金箔属于稀有金属材料，按彩饰线路、花纹长短宽窄尺寸估算验收，加耗量有限。又如：宫殿所用铺地金砖（细泥精制砖），由苏州附近设立专厂烧造，正、副砖一式两分，一分留为备用；临清（山东省）城砖都是通过运河由运粮船捎带北运，且订有退赔损失条款，加重人民负担。所谓“庶无浮克”，表面上是防范官吏、杜绝漏洞。利用限额估工，形成条例，对工匠实行高压政策则正是封建统治阶级惯用的一套公开手法。工程定额的制订，起初原是劳动人民本于长期实践经验的积累，根据手工操作，常人力所及为标准（平均先进定额），逐步实验，逐步改进，日久形成行业内部相互促励的劳动准则。封建统治阶级利用为督课劳动人民程功限料的工具，甚至采取延长工时、罚工赔料，横加盘剥压榨，加重了对劳动人民身心的危害。如清朝这种情况关键不在定额本身，从清代万历年遗留的工程档册，单方用工用料根据《工程做法》限额规定，毫无差错，事实上加大工程情节、项目、不熟习工程，一般轻易看不出破绽，到了清朝晚期社会上流传的官工修造“三成到工”，充分暴露出当时官场贪污腐化的现象，虽有定额之限，几乎等于形式。

从全书所开建筑材料名目，绝大部分属于官工所用，一般地方所产如石灰、砂土之类，官设灰窑常年烧造，采办大石材分在易县大石窝、西山、盘山一带设有专厂，大宗楠、杉、松材来源于江南湖广、川贵各省，年有征额。金箔、颜料、桐油、绫罗缎匹、铅锡大量用于装饰工程和烧造琉璃瓦料。琉璃窑场先在和平门外琉璃厂街，后迁移到京西城子村。这些建材统于官府筹办。其他如金砖、城砖之类，都不是民间建筑可用。见于《物料价值则例》的，都是专门供应官工营造所用的，有的本身就是一种专门工艺制作，如丝绸、琉璃都具有悠久的历史传统。

清代工匠制度，初年即废除明代的“班匠”轮役，改行雇役制。专业分工见于《工程做法》的包括大木作、装修作（门窗隔扇，小木作）、石作、瓦作、土作（土功）、搭材作（架子工、扎彩、棚匠）、铜铁作、油作（油漆作）、画作（彩画作）、裱糊作等十一个专业，按专业工种细分，又有雕銮匠（木雕花活）、菱花匠（门窗隔扇雕作菱花心）、锯匠（解锯大木）、锭铰匠（铜、铁活安装）、砍凿匠（雕砖，花匠）、镞花匠（裱糊作、墙面贴落、顶隔上顶花镞花岔角、中心团花）、夯硪（木夯、铁硪）夫（土功夯筑、下地丁、打桩）、窑匠（琉璃窑匠，配合瓦工查点琉璃脊瓦料）等工，连以上各作的工匠总约二十多个工种，专业分工与宋《营造法式》所载门类大致相仿。《营造法式》油画不分，清代辟为专业，与彩画并重。油饰工程的大量施用，从故宫实例所见，发展起始仍当远在明代已然。至于建材制作加工以外，如木装修用的铜铁件。铪钑花纹以及装修附件的雕镂、镶嵌、金玉、珐琅、缂丝、织绣等美术工艺，多与建筑有密切连带关系，还不包括建筑专业范围。集中多种技术工艺纳于官工，其中绝大多数又都是为宫廷“内工”服务的，不是民间修建所可想望。清代宫苑建筑集于北京城郊，工匠来自外省者多，在京瓦匠分为四城、海淀五大区；石工分曲阳、武强两地；木工、油工多来自冀县、衡水一带；画工最早来于山西、江南各省。元明时代，官工营造即有南匠、北匠两大流派，清代则以北匠为多。到了乾隆年间，宫殿园林修建频繁，集中多种技术工艺，并在圆明园添设“内工部”，由“样式雷”一家主办建筑设计，皇宫原有“造办处”承应日常零修工程。通过官工连年不断的大小工程，对于传统技术工艺的经验交流，推广传播，起了一定的促进作用。

《工程做法》在清宫刊工籍中最先出现，内容包罗多方面，当时必然有所取资才能速于成编。明清两代直接延续，前朝事例旧档犹多可考。承办官工设计的“样式雷”家自明万历年间即在内府供役。大木匠梁九师承冯巧、瓦作马天禄、李保等匠作高手，康熙年间两修太和殿都曾亲予其役，二次再建工程（康熙三十六年完成）。梁九且以“掌握尺寸匠”身份始终主持施工现场。这些老匠师久历宫廷大工，其所亲验传授必然会在当时行业中应用流传。《工部做法》因袭利用或有所删订增补，原属轻而易举之事。从全编事例规定，参较明清宫观实物，其间脉络持续，往往可通。即后来《营造算例》所本各种抄册当中，仍然间杂明代工程遗例。最明显的，清代官工物料名制规格，产地供应多本于明代所行，直接引录于明《工部厂库须知》一书，可见此编渊源所本。其他，《内廷工程做法》（编于雍正九年专为“内工”而设，没有公开刊行），《物料价值》，工部、户部《则例》一类，又都根据《工程做法》派生或直接因循明代旧例成案加以变通而来。代表着一代官工经营管理制度，匠家规矩制作也往往由此而传播。我们今天所以对这部官修政书加以评价，正因为它是劳动人民在建筑工程技术方面长期实践经验的总结，代表一个历史时期建筑技术成就，采精去芜，发扬其长，对于古建筑的维修保护，特别是明清故宫建筑的修缮工程，仍然具有一定参考价值。

这部书编辑体例以文字说明为主，极少附图。建筑各作做法，采取条例规程与范例相结合的办法逐款对照说明，基本是按建筑先后安装顺序，由下而上，挨次连贯排列的，既有条例，又有具体尺寸，可以相互对证。虽然缺乏详图，熟于其事者按照文字叙述尺寸，仍然不难制作成型。《工程做法》编辑主旨是作为官工建筑设计通用规范而制订的，对于工程具体操作方法，则多从略，诸如，大木划线方法，瓦作砌筑技术，彩画图案设色布彩，界划规矩，油饰工艺流程等都没有详细说明。实际上属于实地操作方面的各种规矩要求，一向多掌握在专业匠师，工序繁复，有非文字所能形容，而且师徒授受，流派不一，精巧固滞，难归一致，官书所以只列大规矩，不求细节，有其一定原因。

北京故宫明清封建王朝的大本营，官工经营的重点，建筑规模大，建筑型类多而集中，结构制作，色彩装饰，前后时代各具特征。《工程做法》编在清代，而沿袭于前朝者颇多迹象可寻。近年通过维修工程所见，如大木榫卯衔接、屋顶垫层防潮防腐处理、地下基础砌筑情况、雨水排泄沟道分布等，明清做法互有异同。具体工程做法存有实例的，官书也有载有漏。如柱木本身就有收分、安装有生（侧脚，俗称掰生）。瓦作调大脊，两头微有翘起，铺瓦随坡势垫昂。画治设色敷彩，上下檐画法轻重有别。油工地仗、涂油层次，调料分阴阳向背，传统手法至今沿用。这些细节都不见于《工程做法》。其余，护脊锡背，铜瓦、铜天沟，屋面板涂“油满”，高丽纸溜缝办法，也有的为官书所略。至于有些具体做法，在清朝前后期即有变化的，必须参照各编结合实物例证进行比较，弄清其间原委关系，辨别利害优缺。

二 建筑技术

我国古代房屋建筑，造型艺术，丰富多彩，技术工艺具有高度发展水平，数千年来，嬗递演进，脉理秩然可通。清代营造工程在悠久的历史传统基础上，随着社会经济文化的发展，演绎会通，续有发挥，《工程做法》正是在广泛汲取劳动人民长期实践经验的基础上进一步的总结。对于清代建筑工程技术、工艺美术的发展起有促进的作用。全编所示建筑范例，大抵不出历史传统几种基本形式范畴。限于宫殿、寺庙或王府使用的庑殿、歇山转角，建筑体制最高，属于大式做法，在宫殿所用，又称为“殿式”。庑殿，五脊四坡顶，古所谓“四阿”或“四注”顶，《营造法式》又称为“五脊殿”或“吴殿”。歇山转角，九脊，前后

两大坡，两山垂直下接半坡与前后坡转角联为一体，包括当中正脊、两山垂脊与四角戗脊共九条脊，即《营造法式》“厦两头造”的“九脊殿”，又称“曹殿”、“汉殿”。歇山、庑殿都是汉唐宫苑常用的建筑形式。其余，硬山房源于古代“两下五架”做法，前后两坡，屋盖两梢檩木搭至山墙为止；其有挑出山墙以外檩头悬空的称为挑山或悬山，《营造法式》称为“两山出际”做法。另一种卷棚顶，圆背不起脊，也叫元宝顶或过垅脊，两山也可做成硬山、悬山或歇山转角做法。建筑上这种分类主要是以屋顶构造形式而定称的。全编各种建筑物，以单座通用做法为主，有关建筑群体组合位置部署之法，没有示例说明。这些建筑物从外观体型大体可归纳为三大类：上列各种属于长方形体，最显著的变化是屋顶形式的多样化；方、圆形体大至方殿、圆殿（原书未举例），小如方亭、圆亭，各成一体。方圆规矩是一种形式的根本，仅举两种基本做法，其他六角、八角、等边多角、诸种奇巧变体，一概从略。垂花门一例也只是一般做法。至于城阙角楼，形制虽较繁复，基本仍是房座规矩。

大小式建筑，两种做法，征象显而易见的约有以下数点，并见表 1。

（1）庑殿、歇山转角两种属于大式最高体例，大木结构都带有斗科做法（个别例外），屋盖重檐造的居多数，原书三例均为单檐造，未举重檐例。斗科名类十一种，大木作各座示例仅举六种。小式建筑限于条例不许使用斗科。

（2）大式建筑，间架结构一般在殿身外围出廊造，或仅前后檐出廊子，或前檐出廊，后檐不出廊。周围廊即《法式》“副阶周匝”做法。廊子有明廊、内廊之分。小式建筑在体制上无周围廊做法。

（3）大式屋盖做法，自庑殿、歇山转角、挑山、悬山、硬山、卷棚各式，方、圆、多角亭，曲尺转角房、川堂（穿廊、宁廊）歇山或掖山形式，或于檐下又接披檐，多种形式都可采用。小式仅限于硬山、悬山和卷棚数种，绝不许可使用庑殿、歇山转角做法。

（4）屋盖使用檩木多少，关系到房屋的深浅程度，屋深有限制涉及间架（梁架）结构制度，与间数限制有连带关系。在维护封建统治阶级利益“上可兼下，下不得似上”的前提下，大式建筑由最少三檩可以多到十一檩做法（太和殿为十三檩，是一特例），小式房屋多不过六七檩，一般三、四、五檩的居多数。

（5）屋盖檐宇做法，大式有单檐造、重檐造，或重檐三滴水造，或于上下檐间添加平台（平座）以至种种复杂形式；檐头使檐椽、飞檐椽、双重椽子。小式限于单檐，更不许造作飞檐攒角。

至于门窗装修、外表装饰色彩各方面，如菱花门窗、镀金事件、朱红油漆、玉石栏干、黄色琉璃，特别是龙凤走飞、珍禽异兽各种奇巧纹样的雕饰，都被列为宫殿专门制度，王府以下至于宅第、民舍，递有降格。总之，书列各种型类做法，除小式数例，绝大部分都是属于统治阶级所利用的。一应条例规定，物料名例也都是本着这种建筑的需求条件而制订的。

为了便于叙述，概括介绍古建房屋构造情况。单体房座，不论大式或小式做法，从外观造型大致可划分为上中下三段落，匠作通称为上中下三停，即台基、柱木装修与墙身、房盖三部分。台基（或称台阶）是房屋下面的底座，露在地表以上用砖石包砌起来的部分，通称台明；埋在地皮以下的那一部分称为埋深；最下是夯筑灰土垫层，也属于基础的一部分。台基以上（包括台明埋深以内的砖磉墩、拦土墙、垫层和填厢的灰土或素土）便是构成房屋空间立体的大木骨架——间架结构，由柱木梁枋檩椽等多种构件按一定方式架构而成；梁架以上檩椽架空又是屋盖部分的内部骨架。自横梁以上也叫上架，柱木与装修则称下

表 1

建筑分类	结构做法				附注
	屋顶形制	出廊	斗科	斗科材分（营造尺）	
大木大式建筑	九檩单檐庑殿	周围廊	单翘重昂	二寸五分	
	九檩歇山转角	前后廊	单翘单昂	三寸	
	七檩歇山转角	周围廊	斗口重昂	二寸五分	
	九檩楼房（硬山造）	前后廊			
	七檩转角房				
	六檩转角房	前出廊			
	九檩大木（硬山或悬山造）				铺布瓦
	八檩卷棚（硬山或悬山造）	前出廊			铺布瓦
	七檩大木（硬山造）	前后廊			两山山柱式做法　铺布瓦
	六檩大木（硬山或悬山造）	前出廊			同　上
	五檩大木（硬山或悬山造）				同　上
	四檩卷棚（硬山或歇山造）				铺布瓦
	五檩川堂（随前后房掖山或歇山造）				同　上
	七檩三滴水歇山正楼	下檐：周围廊 平台：周围廊	下檐：斗口单昂 平台：五材品字科 中覆檐：斗口单昂 上覆檐：斗口重昂	四寸 四寸 四寸 四寸五分	室内上顶海漫天花
	七檩重檐歇山转角楼前接檐一檩转角雨搭，雨搭前接檐三檩转角庑座		下檐：一斗三升 上檐：单翘单昂	四寸 四寸	
	七檩歇山箭楼前接檐二檩雨搭，雨搭前接檐四檩庑座		下檐：一斗三升 上檐：斗口单昂	四寸 四寸	
	五檩歇山转角闸楼				中柱式做法
	五檩硬山闸楼				
	十一檩挑山仓房				
	七檩硬山封护檐库房				
	三檩垂花门（悬山造）		（檩缝）一斗三升	一寸五分	中柱式做法
	方亭大木（四角攒尖方亭）		斗科		
	圆亭大木（六柱圆亭）		斗科		
大木小式建筑	七檩小式大木（硬山或悬山造）	前后廊			两山山柱式做法　铺布瓦
	六檩小式大木（硬山或悬山造）	前出廊			同　上
	五檩小式大木（硬山或悬山造）				同　上
	四檩卷棚小式大木				

架。上架头顶铺钉望板，苫灰泥背、铺瓦，通称瓦顶或头停铺瓦，用避风雨、防寒暑。房身外围柱木间安装门窗隔扇，术语称为装修（有内外檐之分），或砖砌墙垣（一般前檐明次间安装修，其余三面砌墙）。两山砖墙称为山墙，窗下为槛墙，后檐为后檐墙，都是限隔室内外的围护体。门窗纳光通风，门又是出入口。这三大部分构成房座整体，各部组成之间具有密切内在联系，而且具有一定的权衡比例关系。

三　大木作

(一)斗口材分制

古建房屋，间架结构以木材为主，工匠通称为大木架，专业分工属于大木作。大木构材，规格多种，大部是分件加工预制，然后组合安装的。组合方法基本上采用榫卯联接办法。组为一个整体，就要求规格严谨，尺寸准确，而且全部工程木材消耗量又占很大比重，简材定料，合理运用，非有周密计划统一标准不易成功。劳动人民在长期的实践中很早就重视这个问题。“夫大匠之为宫室也，景大小而知材木矣”（《吕氏春秋》）；“构大厦者，先择匠而后简材”（《傅子》）。材，即木梃；简，即简选、简拔；木劲直可入于用者为材，即原木经过加工具有一定规格的熟料、成材（原木为生材）。唐朝人所谓橦，方三尺五寸，意即制材的一种丈量标准（《说文解字注》），若清代制材规格之分七、八、九尺，丈节（断面 0.7×1.0尺）。宋《营造法式》载：“构屋之制，以材为祖，材分八等，度屋之大小因而用之”，“划订材为多种规格尺寸，称为材分”（读如份数之份），进一步发展为木构建筑统一用材标准。材有单材、足材，又有材与栔的细别。材一般指单材而言，材上加栔即为足材。材的断面规格为长方形，以材高分为十五分，以十分为其宽，栔断面规格与材相同，高六分，宽四分，材上加栔——足材通高二十一分。八等材每等分数尺寸不一，自最小每分 0.03宋尺，至最大每分 0.6尺，基本上每增减 0.05尺即为一等（第四等材每分 0.048尺，五等材每分 0.044尺例外）。凡建筑各部权衡比例，构件大小尺寸，割截卷杀分数，各有规定，利用材栔高分作为度量标准单位（间或用具体尺寸表示）。设计时按照标定要求分数逐一换算，便可求出全部建筑具体应用尺寸，准一律百，纲举目张，划一建筑规格，基本趋于定型化，简化了设计实施程序，有利于建筑技术广行传播，是劳动人民创造的成果。

清工部《工程做法》斗口材分的制订，仍然是源于《营造法式》材分的规定进一步演化发展而来（明初官工实例如故宫神武门、西华门等斗科做

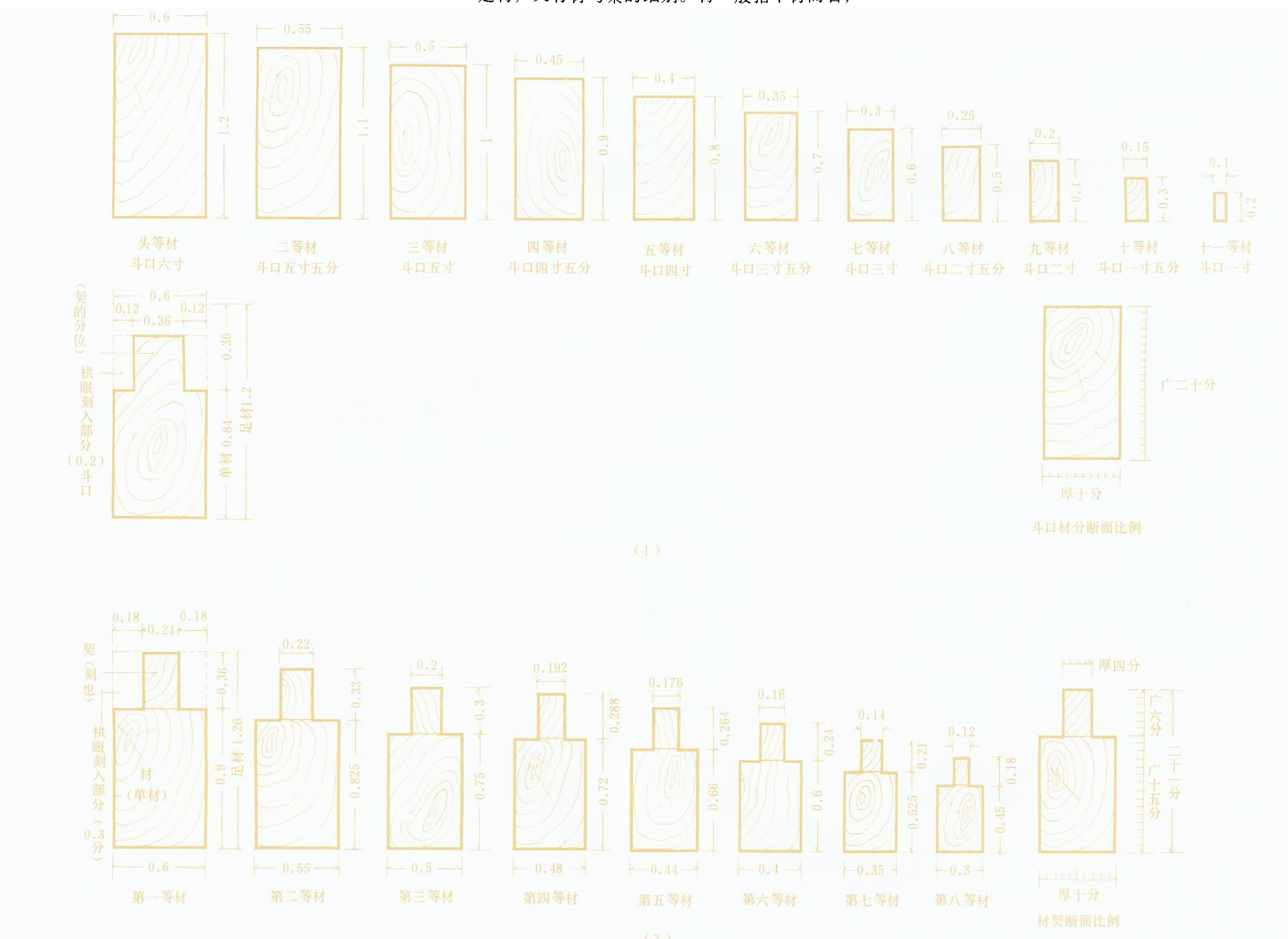


图15-5-1　宋清材分制度比较

（1）清工部《工程做法》“斗口”材分制度（标准方材断面宽度，斗口材分断面规格分为十一等材——以营造尺为单位）；（2）宋《营造法式》材分制度（材分八等——以三司布帛尺为单位）

法犹多保留宋代手法）。清制材分标准改称斗口，简称口分或口数。斗口材分等第分十一等（图15-5-1），头等材宽0.6营造尺，二等材宽0.55尺，至最小十一等材宽0.1尺，每降一等减少0.05尺，即以五分进率的等差级数制。材分等次比《营造法式》增多，级数划一，直接以尺寸表示，减少换算程序，也避免出现过多的奇零尾数，对建筑设计提供了更多的便利（见表2）。材第划分方法一如宋制，仅在说法上改称斗口，即按照斗科大斗迎面安放翘昂的豁口宽度为标准单位。《营造法式》利用材栔高度为法，此则改按材宽为准，稍有不同。所谓斗口，实际也就是标准构件（标准枋，工匠俗称"料头"）的断面宽度。清制材的断面规格与《营造法式》完全相同，都是长方形，也有单材、足材之分。《营造法式》单材宽高比为1∶1.5，此则改为1∶1.4，稍有差别。由于单材的变化，足材高度也随之由原高二十一分而降低一分，宽高比为1∶2，改成整数。初步试算，单材断面尺寸比较宋制约缩小4.7%，足材约缩小6.67%。宋清尺制固然微有出入（宋三司布帛尺折合0.317米，清营造尺折合0.32米），材分断面仍然有个微数差别，这种变动应当说是带有根本性的一种积极措施。第一，使材分基本分数化零为整，便于设计估算，也有利于施工现场掌握，避免反复折算出现尾数过多造成差错；第二，从经济角度考虑，材分断面减小，节约材木，其他一系列的人工物料也相应地减少消耗，降低工程成本。另外，材栔之间的微小变化，同样可以看出在材分使用上所持的慎重态度。《营造法式》所谓栔，其高分也是散斗或齐心斗（清制三才升与槽升或十八斗）欹与平（升腰与升底）的合高，清制废除栔的名称直称栱眼，这部分高度并未变动，与单材合计即足材之高；就足材身宽，当栔部位两侧各刻进三分，下余四分即为栔宽，清制栱眼部位各刻进二分（0.2斗口），比《营造法式》剜刻的少，形式上等于又将栔的宽度放大了。其实这种变动并不影响材栔规格，只是局部剜刻深浅之差，尽量减少斧凿以免材木伤损。其余如升底斜抹八字（不做卷杀）也都比照这个分数收进二分（0.2斗口；大斗加倍），省工、保料出于同一考虑。

表2 宋、清建筑大木材分制对照表

材分等第		材分规格尺寸				
		宋材分制（宋尺）			清材分制（营造尺）	
		材（单材）断面宽高 比例：10∶15分	栔 断面宽高 比例：4∶6分	足材 材上加栔 通高21分	单材 断面宽高 比例：1∶1.4斗口	足材 断面宽高 比例：1∶2斗口
大木作制度	第一等材	每分0.06尺 0.6×0.9	(0.24×0.36)	(1.26)	斗口0.6尺 0.6×0.84	0.6×1.2
	第二等材	每分0.055尺 0.55×0.825	(0.22×0.33)	(1.155)	斗口0.55尺 0.55×0.77	0.55×1.1
	第三等材	每分0.05尺 0.5×0.75	(0.2×0.3)	(1.05)	斗口0.5尺 0.5×0.7	0.5×1.0
	第四等材	每分0.048尺 0.48×0.27	(0.192×0.288)	(1.008)	斗口0.45尺 0.45×0.63	0.45×0.9
	第五等材	每分0.044尺 0.44×0.66	(0.176×0.264)	(0.924)	斗口0.4尺 0.4×0.56	0.4×0.8
	第六等材	每分0.04尺 0.4×0.6	(0.16×0.24)	(0.84)	斗口0.35尺 0.35×0.49	0.35×0.7
	第七等材	每分0.035尺 0.35×0.525	(0.14×0.21)	(0.735)	斗口0.3尺 0.3×0.42	0.3×0.6
	第八等材	每分0.03尺 0.3×0.45	(0.12×0.18)	(0.63)	斗口0.25尺 0.25×0.35	0.25×0.5
	第九等材				斗口0.2尺 0.2×0.28	0.2×0.4
	第十等材				斗口0.15尺 0.15×0.21	0.15×0.3
	第十一等材				斗口0.1尺 0.1×0.14	0.1×0.2

清宫式建筑材分应用，等第虽多，但从全编示例与实物所见，并不是每等都采用。常见的多在第四等材以下各种，如城阙角楼等高空建筑，最大用到四、五等材——斗口0.45—0.4尺；平地房屋最大不过七、八等材——斗口0.3—0.25尺；一般使用斗口0.25—0.2尺的居多。垂花门，方、圆亭类矮小建筑采用斗口0.15尺的为最小材分，第十一等材，一寸斗口例，在房屋少见。《营造法式》小木作有二寸八分材，寸五、寸二、一寸、五六分材各种，《工部做法》未见引录。清制装修——小木作构材定分以檐柱直径为法，不直接用斗口计量。另外，晚清光绪十五年重修太和门工程设计图样说明：正门斗口材分0.32尺（实测9厘米，折合2.8营造寸），两侧昭德、贞度门用0.26尺，除南庑斗口材分0.25尺外，门座用材都不符合材分等第规定，当是后来一种变通例子。太和门是太和殿的正门，太和殿斗口材分0.3尺，正门为0.28尺，两侧门0.26尺。南庑为太和殿周围廊庑一部分，用0.25尺材，依次降杀，反映出建筑体制严明的等差关系。清制斗口材分与《营造法式》同样都是基于斗栱构材发展而来，但在应用上清制更较严格，专限于大木大式带斗科做法的建筑，大式不带斗科做法和小式大木则直接应用营造尺制为度量标准单位。

材分应用为了便于按类统系，简化繁复折算手续，针对具体情况也常有灵活变通，例如大式带斗科房屋，一般都使用翘昂斗科做法，对于这种房屋面阔进深——地盘（间架柱位平面布置）定分方法，即改按斗科安装攒数（斗科每攒规定通宽11斗口）作为定分标准单位，不用斗口表示，因为房屋外檐四围所用斗科本身即有柱头、转角与平身科三种类型，柱头转角各有定位，每间平身科安装攒数多少，常随间架分缝宽窄（开间间距）各不相同，由最少一攒多至三、四、五、六攒不等，若统以斗口度量，过于繁琐也不容易马上弄清斗科分档远近，数量多少，换算起来出现尾数畸零，增加施工困难，方法略为变通，设计估算两有裨益。按翘昂斗科每攒实际通宽9.6斗口（一斗二升交麻叶与一斗三升斗科每攒实宽6.6斗口，规定宽度为8斗口。用在城阙角楼的翘昂斗科，口分较大，安装攒数比较疏朗，规定攒数为12斗口），相邻两攒之间通按规定分数11斗口分档，中间敷余1.4斗口空隙，可容纳一个三方升位置而有余。清制斗科安装数量过密（明初建筑实例尚不尽如此），这种规定主要根据当时建筑具体条件而考虑的，作为定型设计，力求规格统一，简便易行。

对于房屋仔角梁、老角梁、由戗、椽、望板、连檐瓦口之类，则改用檐椽直径（椽径根据檩径定分）为准，这类构件细小繁杂，若以斗口折算，尾数常在分厘以下，统一改用椽径为标准，纳于屋盖用材一类，更有利于掌握。至于大木骨材柱、额梁枋用材、间架、步距、举折、出际分数等，定分依据统以斗口为法，间以尺寸数字结合并用。各种柱木由檐柱径6斗口作为定分起点，老檐柱（或称金柱）、内里金柱或中柱等，每进深一步递次增大0.2尺，如檐柱径6斗口，金柱径即6斗口+0.2尺，其余类推。应减小的方法相仿，如小额枋高4斗口，宽4斗口—0.2尺。加减二寸这个数字如同一个辅助附加系数，不论斗口材分具体尺寸大小，都用此固定数增减调整，主要用在大木构件断面规格定分。其余瓦石工程大式做法对于山出檐进、基础码磉、石活安砌，每有预留金边（尽头边缘宽度），除取准斗口分数丈量以外，也常用增减二寸方法来处理，整齐划一，也便于记忆，是瓦木石作通行的一种传统规矩，在小式做法则改用一寸五分之数，以取别于大式。

（二）地盘定分法（间架柱位平面布局）

古建房屋，外观造型一般取决于建筑地盘布局形式，随方就方，随圆就圆，故而奇巧者比较罕见。大木结构利用材木横平竖直架构成间，条

理自然。地盘的布局又常根据屋架侧样（侧面图）结构方式为准则，历来是由大木作统一考虑计划，称为面阔进深的定分，列为大木结构首要地位。其余瓦石土功关键尺寸所出，一依大木为本，现场施工仍然由大木匠掌握尺寸，总领其成，由于木构建筑特点，历史传统形成了这种分工关系。古建房屋造型多种，基本不离方圆规矩，演化日巧，形态百出，地盘布局由正方、长方、菱形，而曲尺、工字、卍字；正圆、扇面，至等边多角（六角、八角），或如梅花五瓣，或者三卷、五卷，前后搭接、曲折迂回、骈联一体，三合、四合组成院落。这种由单一趋于复杂形式的设计，或用于居室，或用于园林，构成了我国古代建筑独特的艺术风格。

《工程做法》重在官工通行体例，编中示例以方正谨严为主，极少奇巧造作。方圆亭、垂花门以外，绝大多数属于长方形体。这种形制广泛应用于官工、民居、历来被认为是一种常规格式。主要由于梁架组成形式所限，间架接续以横向延展最为简便，日久广行通用。但在封建社会，建筑间架多寡，被视为关乎礼法重大问题，订有种种禁条，形式相仿，间架有限，涂抹上一层政治色彩束缚了劳动人民无限的创造力。建筑地盘面阔进深设计方法，大小式做法，标准依据不一，有以安装斗科攒数多少为准而定分做法，标准依据不一，有以安装斗科攒数多少为准而定分的，有直接以通用尺度表示的，或以檐柱高度求开间面阔或以面阔而定柱高，总以大木间架布署方法为根本。《工程做法》所谓面阔进深定分，也就是对于间架柱位落在地盘平面纵横间距尺度的定分。面阔一般是指间面阔而言，即房屋迎面、左右檐柱、中心至中心之间的档距，房屋两侧面（山面）前后檐柱中心至中心的距离即房屋的深度，称为进深（或入深）。迎面数间一顺相连，或有左右廊子，合计则为通面阔。两山单独成间或分成数间带前后廊子的，合斗即为通进深。间数配备最少是单间，多有三五间、七九间不等，间架面阔定分，首以当中一间即明间为准，其余照明间递次减小，廊子不包括正身间数以内，另外核斗。如周围廊做法，两山分成三大间（称为“显三间”），或大木中柱式做法前后隔成两间的，一般都是按分档匀分。就山面而言，也称为面阔、两山明间、两山次间面阔，如不分间仍称为进深，以免与前后檐相混。大木大式建筑面阔进深定分方法，大致分两种情况：带斗科做法，按照所用斗科攒数多少，以每攒规定的通宽口分11斗口为标准，乘以斗科攒数即得间面阔度分数。不带斗科做法或大木小式做法，即以营造尺寸直接定规。原编庑殿、歇山房三例，其中带周围廊做法两例，设计规定安装翘昂斗科，应用材分2.5寸作为全部建筑统一用材标准单位。假定五开间做法（图15-5-2）明间面阔为主，安装斗科七攒，内包括平身科六攒，两边柱头科各按半攒计，得间面阔（7攒×11斗口×0.25尺=77斗口=19.25尺）阔度77斗口，具体尺寸19.25尺。左右次间，梢间照明间依次递减斗科通宽一分。四角廊子一般

表3　庑殿、歇山转角房面阔进深定分示例

（1）庑殿、歇山转角周围廊做法（按五开间计）

明间面阔	按斗科7攒定分（每攒通宽11斗口）	计77斗口	按每斗口0.25尺换算成营造尺计19.25尺（6.16米）
两次间面阔	各按6攒定分	各计66斗口	各16.5尺（5.28米）
两梢间面阔	各按6攒或5攒定分	各计66斗口或55斗口	各16.5尺（5.28米）或13.75尺（4.4米）
左右廊子面阔	各按2攒定分	各计22斗口	各5.5尺（1.76米）

（2）歇山转角前后廊做法（按五开间计）

通面阔	合计35或33攒	合计385或363斗口	合计96.25尺（30.8米）或90.75尺（29.04米）
两山明间面阔	庑殿分三间：各按4攒定分 歇山不分间：按9攒定分	各计44斗口计99斗口	各计11.00尺（3.52米）计24.75尺（7.92米）
两山次间石阔	庑殿分三间：各按4攒定分	各计44斗口	各斗11.00尺（3.52米）
前后廊子面阔	各按2攒定分	各计22斗口	各计5.5尺（1.76米）
通进深	庑殿分三间：合计16攒 歇山不分间：合计13攒	合计176斗口或143斗口	合计44.00尺（14.08米）或35.75尺（11.44米）
明间面阔	按斗科5攒定分（每攒通宽11斗口）	计55斗口	按每斗口0.3尺换算成营造尺计16.5尺（5.28米）
两次间面阔	各按4攒定分	各计44斗口	各计13.2尺（4.224米）
两梢间面阔	各按4攒或3攒定分	各44斗口或33斗口	各计13.2尺（4.224米）或9.9尺（3.168米）
通面阔	合计21或19攒	合计231斗口或209斗口	合计69.3尺（22.176米）或62.7尺（20.064米）
两山明间面阔	不分间按9攒定分	计99斗口	计29.7尺（9.504米）
前后廊子面阔	各按2攒定分	各计22斗口	各计6.6尺（2.112米）
通进深	合计13攒	合计143斗口	合计42.9尺（13.728米）

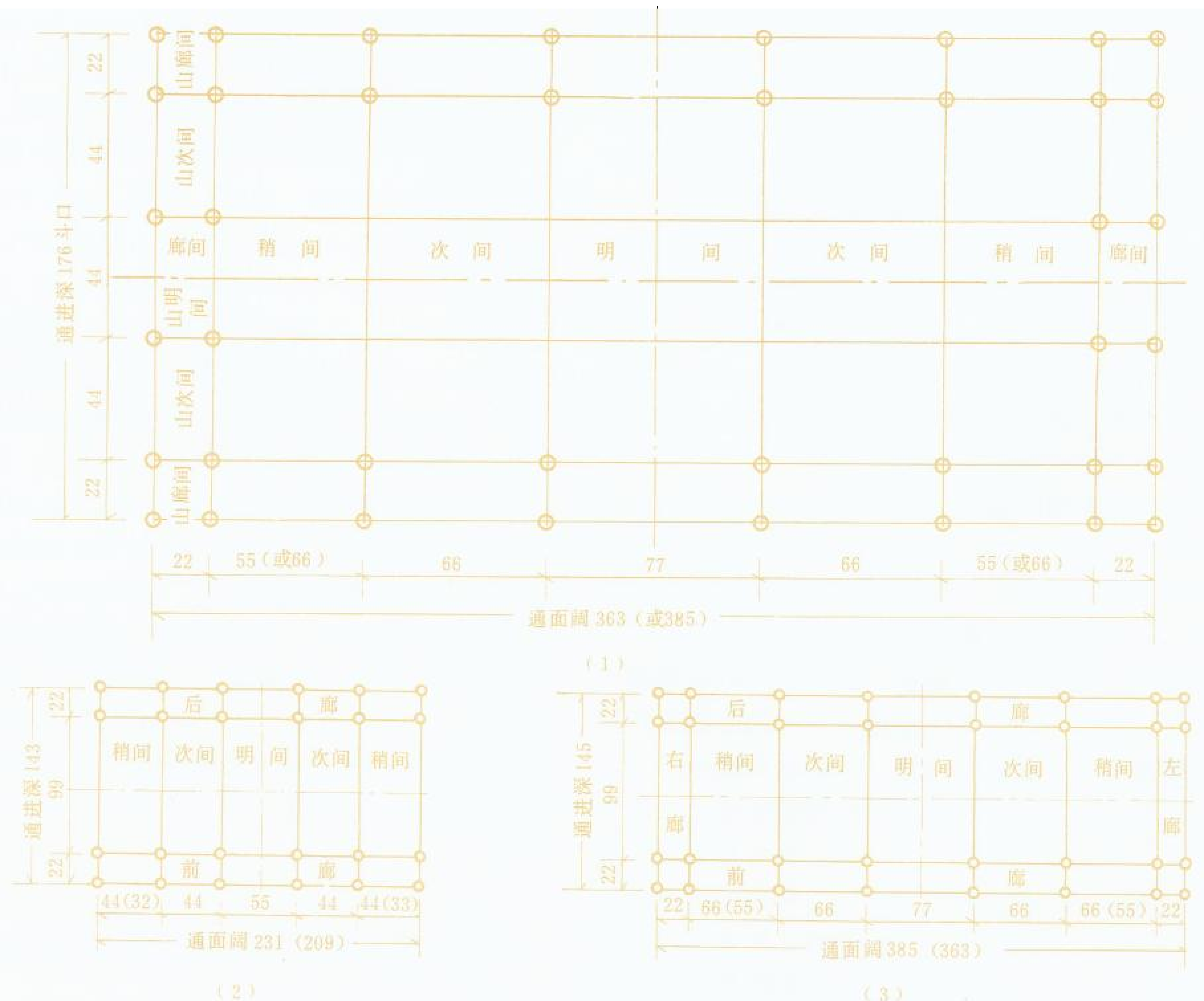


图15-5-2　地盘定分法（间架分配、柱位分布）

（1）九檩庑殿周围廊单翘重昂斗科——斗口二寸五分大木做法；（2）九檩歇山转角前后廊单翘单昂斗科——斗口三寸大木做法；（3）七檩歇山转角周围廊重昂斗科——斗口二寸五分大木做法

以斗科通宽两分为率。两山进深定分与迎面面阔相仿，如为显三间做法，三间匀分各按斗科四攒宽，前后廊同迎面左右廊法。歇山例两山不分间，按斗科九攒宽定分。明间与山明间斗科空档必须坐中，取其左右匀称，也就是设计时要考虑明间平身斗科不论安装多少必须用双数，不能用单数。歇山例，明间按斗科五攒定面阔，除去两边柱头科各半攒，共一攒宽，平身科为四攒，即据此原则而定，主要是从美观整齐出发（明间檐、飞椽，铺琉璃瓦，一律要求空档坐中，形成一种常规）。至于两山显三间做法平身斗科均为单数则为例外。现按五间例列成简表说明其定分方法（表 3）。

表 3 包括庑殿、歇山转角房周围廊做法和前后廊做法三种，设计定分方法相同，并不因使用斗科攒数多少、口分大小而发生变化，因为基本度量标准是一致的，尽管换算结果或有大小出入，总的关系仍然互通。建筑开间：一般不论大式小式做法，地盘设计都是以迎面明间为准，开间面阔最大，左右、次梢各间依次递减，梢间或与次间等宽，外围廊子最小，突出明间居中为主的地位。这种设计手法是礼法尊卑主从思想的体现，形成古建房屋突出的特点。汉魏以来，一般居室所谓“一堂二内”的三开间屋，主次分明，影响传播由来已久。建筑开间标准依据，与木材利用具有密切关系。开间大小，屋宇深浅，关系建筑整体结构用材。由于木材本身长度有限，选材定料首以力足胜任为先决条件，开间大小以适用为度。从上表可见，使用斗口材分大、结构复杂的斗科安装攒数可以减少，反之攒数可以增多，带有一定灵活性。如采用二寸五分材的明间面阔以斗科七攒为度，换算成具体尺寸计 19.25 营造尺（6.16 米），用为额枋檩木备料，连加榫加荒尺寸最长不过两丈出头的原木即敷应用。用三寸材的明间面阔以安装斗科五攒为定分标准，折合16.5营造尺（5.28 米），原木备料长不过 6 米。城门角楼例，采用四寸五分或四寸材，明间阔度最大达24营造尺（7.68 米）。房屋进深方向三例，房屋正身深度，最大的深度为33营造尺（10.56 米），用于梁枋大木之材最长10米出头。这种大料在一座建筑中用量较少，比较易于筹办。对于大批通材，因间距都小于明间，规格随之都有减杀，有利于材木节约使用。劳动人民历来对此问题十分重视，根据适用精神部署设计，同时更注重材木的合理运用。《营造法式》当心间（明间）阔一丈五尺（按宋尺约合 4.8 米），次梢间阔一丈，小于心间不足三分之一，以使用斗科攒数单双为标准，使之匀称为度，当是“经久可以引用”的通常规矩。明代建筑安装斗科攒数逐渐加密，发展为以攒数为定分标准的办法，较宋制又为严格。地盘平面广深比例，大式带斗科做法，单间与通盘平面布局形式基本一致，都是长方形，单间竖向位置，深大于广，通盘由数间平排一列、通广大于深。从表列三例看，明间（以屋身为准，不包括廊子）广深比例只为：1：1.7，1：1.3，1：1.8。次梢各间面阔不同，进深一律随明间，一般次梢间面阔比明间递减斗科一攒分，有意识地形成当中大、

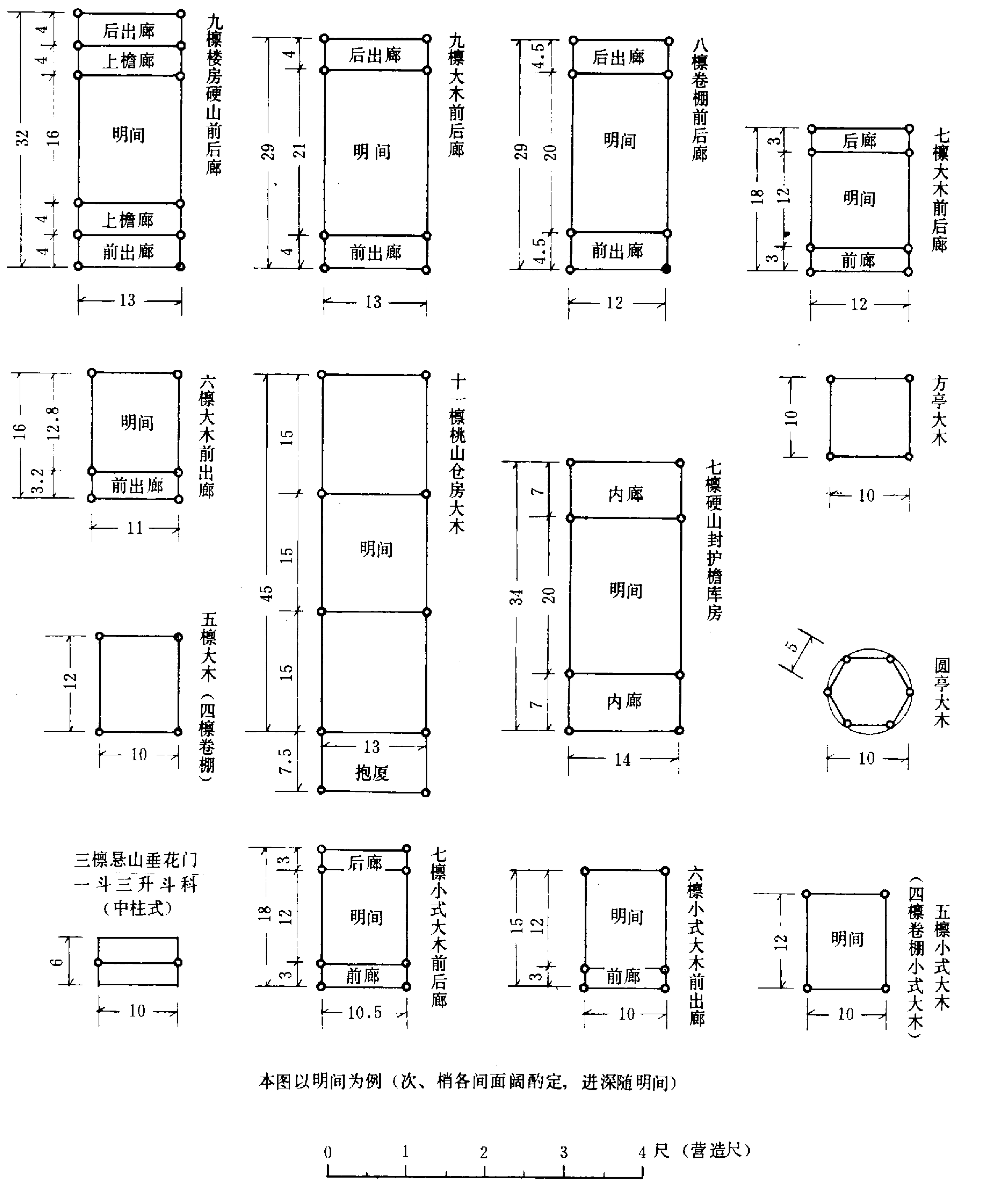


图15-5-3 大小式各种房屋地盘定分图

两边递次减小的形式。地盘通广通深（柱中）比例，随建筑间数多寡，伸缩性较大，表列三例大都在 1：2 上下，最小 1：1.7，最大 1：2.7。故宫太和殿深广比 1：2.1，一般大殿间数多，深度也随之加深，基本保持 1：2 的比例关系。大式不带斗科做法，原编只列明间面阔标准尺度，次梢间临时酌定，没有明确规定，总之依次比明间减小这个规律是与带斗科做法一致的。明间面阔示例，由最小九尺至一丈、一丈一尺、一丈二尺、一丈三尺、一丈四尺、一丈七尺不等。进深深浅涉及使用檩数多寡，按建筑体例，用多用少有一定限制（图15－5－3）。示例由最小深一丈至一丈二尺、一丈六尺、一丈七尺、一丈八尺、二丈一尺、二丈九尺、三丈二尺、三丈四尺，最大四丈五尺。进深尺寸大的一般都带有廊子，也有属于仓库一类。小式房屋做法，明间面阔最大尺寸一丈零五寸，进深一丈八尺，带前后廊子。一般以面阔一丈为度，进深一丈二尺至一丈五尺，前出廊后不出廊。以上不带斗科做法的大式建筑和小式房屋，地盘深广定尺标准，与大式带斗科例相比，由于体制要求不同，标准方法多从简约，表面上定分尺度似乎放宽了，实际明间标准既定，间架结构方式、檩数使用多少，限于条例，并无可以变通余地。另外，《营造算例》关于面阔进深定分方法（表 4），虽然大体仿于《工程做法》，但在具体应用方法上已有更大灵活性。大式带斗科做法，基本援引《工程做法》，明间统按斗科七攒分（改以斗科“空档”度量，实与“攒数”同为 11 斗口），次梢间递减一攒分，没有列举五攒分例。通进深则按 5/8 通面阔定分，没有细分两山分间不分间说法。不带斗科做法的，改按檐柱高度为准（柱高规定为 60 斗口），已与《工程做法》原制有所改变（详见下文）。明间面阔定分，以 7/6 柱高为准，折合 70 斗口阔，次梢间各按明间递减 1/8（约 8.75 斗口）。将多种标定尺寸归纳一起，统以柱高为准，更较简捷。

（三）间架结构定分通例

一座房屋由单间成造或由多间组合，基本组

表4 《营造算例》大木大式庑殿歇山房面阔、进深定分规定

	面阔定分		进深定分	
	有斗栱	无斗栱	有斗栱	无斗栱
明间	7空档（77斗口）	7/6檐柱高核五寸止（如柱高8尺，面阔为9.33尺进为9.5尺）	通进深：①5/8通面阔，核正空档，空档坐中，（如通面阔319斗口，$\frac{5\times319}{8}=199.375$斗口）②如两山分间做法临时核攒数定。（以五开间为例）	通进深：5/8通面阔核五寸止（如通面阔为41.5尺，$\frac{5\times41.5}{8}=25.9375$尺，进为26尺）
次间	6空档（66斗口）	明间面阔 − $\frac{明间面阔}{8}$（面阔为8.3尺，进为8.5尺）		
梢间	5空档（55斗口）	次间面阔 − $\frac{次间面阔}{8}$（面阔为7.4尺，进为7.5尺）		
地盘通广深度比例	（319斗口：199斗口）约1：1.6	（41.5尺：26尺）约1：1.6		

表5 《工程做法》与《营造算例》所载檐柱高度定分法对照表

《工程做法》示例					《营造算例》示例	
①檐柱通高(斗口)（包括斗科通高及平板枋高度在内）	②使用翘昂斗科		③平板枋高（斗口）	④檐柱高（1-2-3）（斗口）	①檐柱定高（斗口）	②檐柱连斗科平板枋通高（斗口）
	类型	通高（斗口）				
70	斗口单昂	7.2	2	60.8	60	69.2
70	斗口重昂	9.2	2	58.8	60	71.2
70	单翘单昂	9.2	2	58.8	60	71.2
70	单翘重昂	11.2	2	56.8	60	73.2
70	重翘重昂	13.2	2	54.8	60	75.2
平均高度70		10	2	58	60	72

成单位“间”的骨骼支架称为间架结构，或简称间架。是由柱梁枋檩椽子多种构材按照一定格局交结架构而成，其中立柱、横梁与檩木等件又是构成建筑主体形象的承重骨材。立柱与横梁组成梁架。房屋开间大小、入身浅深、檐宇高低与屋坡缓峻，各部权衡比例的定分——大木结构设计，按大、小式做法要求各有不同分数。立体架构首先规定檐宇柱高，柱高也是檐宇高，关乎房屋建筑的高广形制。其次按檩数分步、起举，梁架层叠基于屋深，檐宇出际又随柱高而定其远近。至于庑殿逐步堆山、歇山转角收山与悬山挑出分数等局部的处理，不仅是结构处理方法，也关系到建筑艺术造型问题（图15-5-4），分别简介如下：

（1）檐柱定高：檐柱高低与明间面阔具有相应的比例关系，一般檐柱高不逾间广，以突出明间居中为主的形式，最早见于宋《营造法式》“用柱之制”条，长期保持着这个传统做法，清制檐柱高度定分方法（图15-5-5），带出廊造以小檐柱为则（即廊檐柱），不带廊子即以檐柱为法。大式带斗科出廊造，小檐柱通高按70斗口定分，以明间面阔77斗口做法为例，通高约为面阔90%强。次梢间面阔递减，柱高一律随明间柱子取平，已不用《营造法式》递间升起做法（故宫明建实例神武门楼由明间平柱至角柱犹逐渐升起，其余仅在四角柱略有升起，约比各间平柱高一寸左右）。檐柱通高分数70斗口内包括斗科通高与平板枋高度在内，除去上两项即为檐柱本身净高分数。由于所用翘昂斗科类型高度不一，檐柱净高随之而有变化。按五种翘昂斗科高7.2—13.2斗口至最低54.8斗口，具体高度也不相同（平均高度58斗口），与明间面阔相较，约当面阔70—80%左右。若用在歇山转角带单翘单昂斗科，明间阔55斗口例，柱净高58.8斗口，大于面阔无论按通高净高，都与“柱高不逾间广”之说有出入，当属例外情况。

大式不带斗科与小式做法，不涉及斗科问题，檐柱定高则直接以明间面阔为准，随建筑形制做法，尺寸规定各有不同。大体分四种情况：大式做法除个别例外，一般按明间阔80%定柱高；小式前后廊造同，如前廊后不廊，则改以75%面阔定高，不带廊子的，按70%定，原则上与大式带斗科做法相仿，保持在明间阔70—80%范围之间。另外，大式带斗科檐柱定高分数，见于《营造算例》规定的，统以60斗口为柱子净高标准，斗科、平板枋高度另外计算，与《工程做法》分别通高、净高分数不同，省略一步减除手续，规格一致，分数划一，更便于尺寸换算，当是继《工程做法》之后的改进办法。从故宫乾隆时期建筑实例所见，檐柱高度比前期的明显多有增高，与《工程做法》各种相比，平均净高增加二斗口，最高增到5斗口。檐柱加高，屋宇随之，形成前后时期建筑不同特征。其他如檐飞的缩短，斗科拽架档距减小，梁枋檩椽断面加大等，多与《工程做法》微有出入，从而足以辨别其间演变关系。所以采用60斗口者，当是根据《工程做法》檐柱通高70斗口之数减去五种斗科平均高度10斗口而得，也可能是利用平板枋高与檐柱平均净高两种高度的和数（表5）。

（2）步架深与举架高：立柱以定房身高低，步架与举架则是根据房屋使用檩数分步排档，逐步起举形成屋盖举折坡势的定分标准依据，两者具有密切连带关系。坡顶房屋、“叠梁架屋”，梁架随间缝位置，梁上架檩、檩上钉椽，上面满铺望板（屋面板），构成屋盖内部通体骨架。梁架组成方法，按所承檩数多寡有三架、五架、七至九架梁之分，大梁在下最长，二梁、三梁隔以短柱，层层叠架，逐层逐架缩短，组为梁架整体，形如山字，各梁架两端即相邻各间横檩搭交节点。屋盖前后两坡（四坡顶檩木交圈）上下檩缝中至中的水平投影档距，即为步架，也称步架深，因为各架檩木不在同一水平面，自下而上形如踏步，故称步架。举架则是自前后檐宇挑檐桁中至屋脊脊桁中按檐、金、脊各步架分缝逐步向上起举的竖直高度，是根据步架水平档距逐步按一定百分数折算的，由步架而起，故称举架或举架高、举高。所谓五举、七举、九举，是根据步架深举起十分之五、十分之九的意思，举高几成即为几举，或以百分数表示（图15-5-6）。

步架分配方法随使用檩数多寡，按房屋通深分步匀档，随所在位置各有定称。前后廊分位的称为廊步，前后金柱（或称老檐柱）间位于房身内部的（或称内檐）由屋脊中分，按梁架架道远近分档，自金檩缝至脊檩缝分别称为前、后金步，前、后脊步。架道多的，金步又有下金、中金、上金步之分。一般起脊房屋，室内各步由于脊檩坐中，步数都是双数，前后两坡对称，檩数成单数，步数加一檩即为全部所用檩数；反之，檩数减一，即为前后坡合计步数。若卷棚房，圆背不起脊，当中顶步用双檩，则与上相反，檩为双数，步为单数。庑殿、歇山房两例，同为九檩做法，前者房身进深132斗口，用0.25尺材，七架梁做法，前后坡各匀分三步，每步水平档距22斗口，前后廊步随房身各步，各22斗口，共计通深八步、九檩、176斗口；后者房身进深99斗口，用0.3尺材，按六步匀分，每步得16.5斗口，前后廊步仍按22斗口计，通深计143斗口。两例同属九檩做法，因房身进深不同，步架深度也不相同。另七檩歇山例，房身深99斗口，用0.25尺材，五架梁做法，步架按四部匀分，每步深24.75斗口，在三例当中步距最大。前后廊步深同上。

一般大式带斗科建筑出廊造，廊步统按斗科两攒通宽分数（22斗口）定分，房身各步随进深与梁架组成形式深浅或有出入，总以保持前后两坡匀称一致为原则，从根本上还必须按所选用材分尺寸大小为主要依据，通盘考虑。这三个例子就是包括了几方面的因素，有大规矩，也有变通。大式不带斗科做法和小式建筑各例，步架最大档距不过四五尺，小至三尺或二尺五寸，廊步最大有深达七尺的。步架档距大小与椽木使用有直接影响，椽木斜放檩档，计算椽长须根据步架水平档距，随各步举架加斜长（见表6），一般较水平档距加长两三成左右。廊步连出檐水平长度最大，使用檐椽常在一丈四五尺以上（4.5米）。步架定分方法，见于《营造算例》所载，大式做法，先由

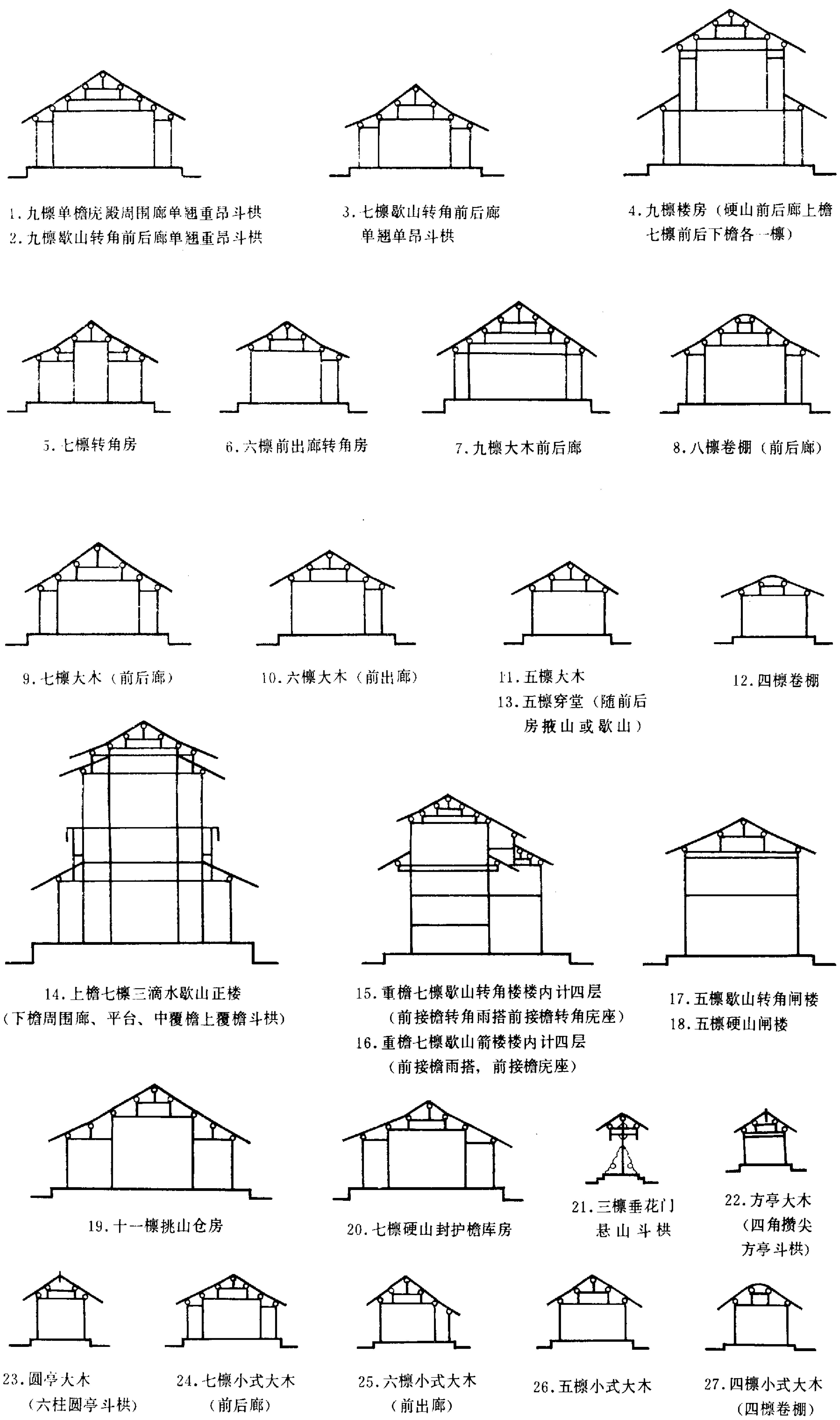


图15-5-4 屋架（梁架）结构示意图

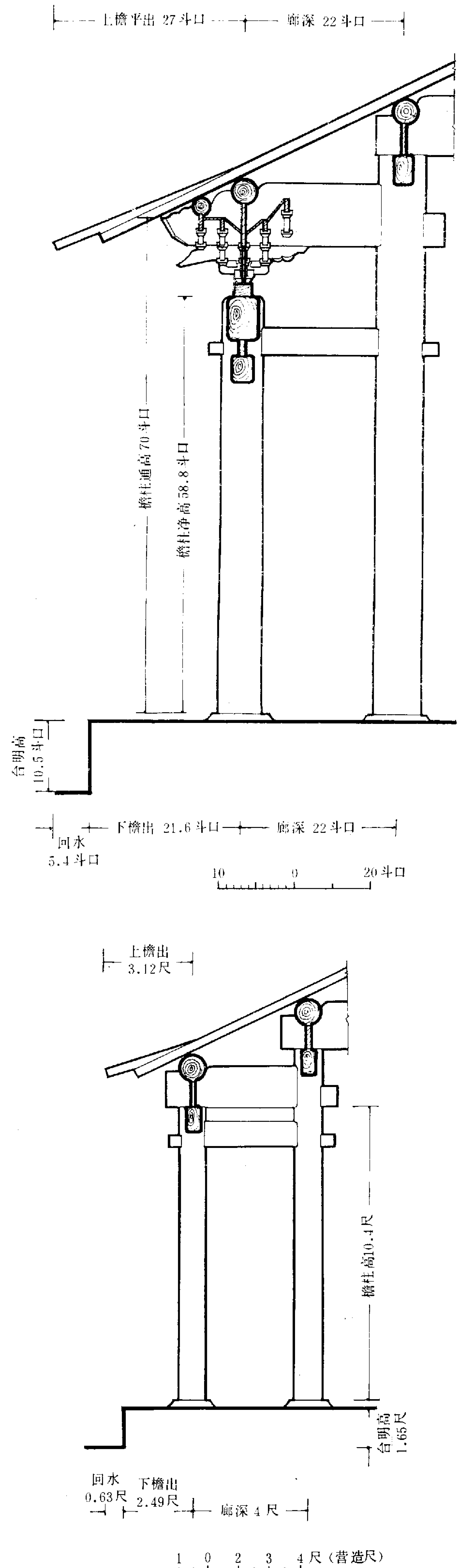


图15-5-5 檐柱高与出檐长

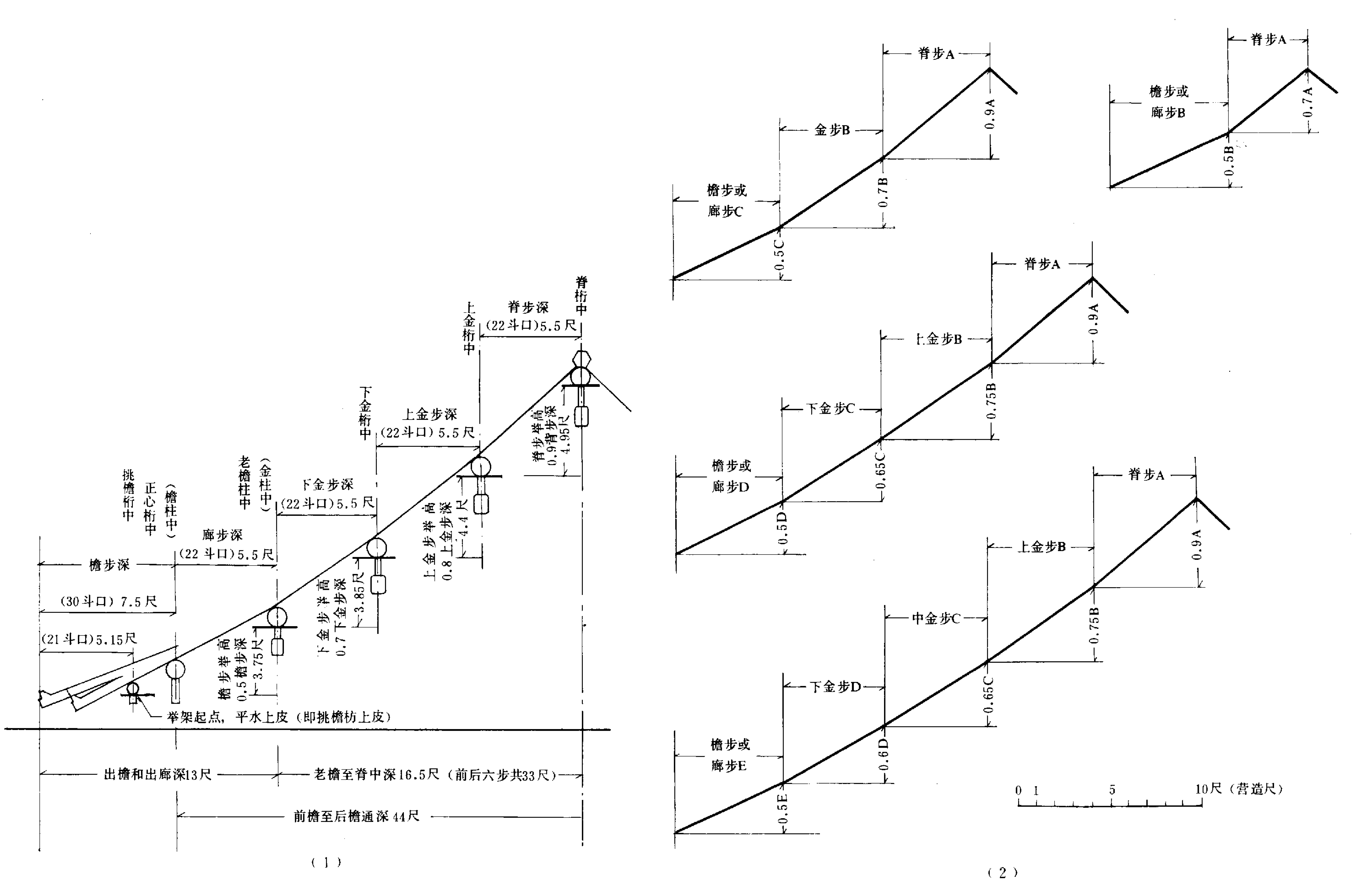


图15-5-6　步架与举架定分法

（1）《工程做法》卷一，九檩单檐庑殿周围廊单翘重昂斗栱（七材）——斗口二寸五分大木做法；（2）《营造算例》举架定分法

廊步开始，廊步深按柁下皮高（即柱高）十分之四定分，其余金脊各步则一律按廊步十分之八定分。檐柱高60斗口，得廊步深24斗口，较大于《工程做法》规定的22斗口之数，金脊各步深19.2斗口，比《工程做法》改取一致，形成定格。小式做法又改按柱径五份定廊深，金步仍按十分之八廊步（脊步未注明）。举例檐柱径0.7尺，计得廊步架深3.5尺，金步架深2.8尺，与《做法》各例大体相仿，方法虽然不同，但也有一定便利之处。

举架，《营造法式》称为举折。举折方法，先在墙面放屋架侧样，根据房屋通深取其成数（十分之几）以定屋脊当中举架通高，然后由脊中下至檐宇撩檐枋心（挑檐枋）引线取直，自上而下逐架下折，按一定比例数找出上下檩高低位置，各步缓急坡势，得以了然。《考工记·匠人》“葺屋参分（1：1.5坡度）瓦屋四分（1：2坡度）”即举架法之先导，《营造法式》演为举折，法益精密。清制改为按步架水平深度逐步向上起举，法简易行，又较《营造法式》迈进一步。坡顶房屋举架分数随大小式做法要求不同，由表6可以看出，一般在檐廊一步，不论大小式做法，绝大部分是按步架深度十分之五定举架高度，称为五举（即1：2坡度）。脊步，七檩以上房屋，多按步深十分之九定举，七檩以下，按十分之七定分。中间金步各档，七檩以上的分别在十分之六、之七、之八范围；七檩以下，一般为十分之七。檐廊与脊步一般是固定的七或九举；金步在一定限度内可以灵活运用。另外，举架分数，不论单檐、重檐建筑，大都采用单数（奇数），独二层楼房例采用双数（偶数）定分。故宫文渊阁实例不仅步架、举架使用双数，建筑间数、间架地盘深广尺寸也一律用双数，传会五行术数以为“魇胜”。

（3）出檐长：出檐或称上檐平出、上平出檐，即由檐柱中以外至檐椽头外皮（大式至飞檐椽头外皮）之间的水平投影长度。《考工记·轮人》载：“轮人为盖……上欲尊而宇欲卑，上尊而宇卑，则吐水疾而霤远。盖已崇则难为门也，盖已卑，是蔽目也，是故盖崇十尺。”虽为舆盖而言，而与屋盖檐宇理实相通。

《工程做法》根据屋深分步起举，已较《营造法式》举折方法更为简便。檐宇出檐长度，大小式做法基本上都是以檐柱高度为准，一般在30—33%柱高范围（参见图15-5-5）。大式带斗科的房座，出檐基数规定为21斗口，当檐柱通高30%，另加斗科外拽架长，每出一拽架加长3斗口，按使用斗科类型由最少3斗口，多至12斗口，连基数21斗口合计，最少应为24斗口，最多到33斗口，与柱通高77斗口相比，约当柱高34—47%之间，因为是合并斗科挑出部分一起计算的，比数看起来较大，实际挑檐桁以外净出檐21斗口，仍然保持在30%柱高的比数。这是单檐建筑例子，如重檐建筑带斗科的，自挑檐桁外，在基数21斗口基础上又增加20%，即25.2斗口，加长部分称为“出水”，使上檐雨水更接近下坡檐头速于流出，也可避免雨霤飞溅腰檐枋木、彩画，影响保固。

不带斗科的或小式做法，则一律标准檐柱高度定分，比例大小随房屋情况，采取30—33%。大式建筑有以廊步深度为标准的，一般规定以不超过步深为度（廊深22斗口），即通常所说“檐不过步”，如超过步深，则采用“挑托梁”做法，挑出步架长度按一个正心桁直径加长，同样适用于小式做法。由于屋盖檐宇用椽（檐椽），带廊房屋由檐头通过廊步直搭老檐桁上（无廊的通过檐步直搭金桁上），本身长度即长于其他各架椽木很多，架空廊步一段必须大于檐头挑出部分，方不致有下垂之虞。“实践出真知”，劳动人民总结为“檐不过步”，这个经验办法是合乎力学原则的。

（4）屋盖局部结构的处理：庑殿“推山”，歇山“收山”与挑、悬山挑出分数的定分方法，对于这几种屋盖两山局部结构的处理，是在屋架木构原有的基础上，局部稍加变化，使其在造型上更

加美观，标志着劳动人民的艺术创造。“推山”、“收山”具体处理方法，《工程做法》略而未载，仅标有挑悬山“挑出”分数照出檐法一节，即两山出际与前后檐宇四围交圈，收到整齐划一的效果。《营造算例》对此规定，自山柱中以外至博缝板外皮挑出八椽径加二分之一博缝板厚，具体分数与《工程做法》略有出入。按《工程做法》单檐庑殿房例，应用大木构件当中没有太平梁，雷公柱一类分件，或者作为一般通行规范不用“推山”做法，故无必要声明。见于《营造算例》所载“收山”、“推山”方法，与《营造法式》具体做法也有所不同。歇山“收山”，自两山正心桁中至博缝山花板外皮退进一桁经分位，山花板背后有穿梁、草架柱子，下脚放在脚踏木上以承两山荷重，两山略微收进，坡檐放长，外观看起来益加峭拔秀丽。庑殿“推山”举例七檩、九檩房两例（表7）规定两山“推山”方法，除檐步方角不推外，自金脊各步统按架深度十分之一推出，逐步递减，如七檩房，每山分檐，金脊步、三步架各深五尺，檐步方角不推山，金步按步深十分之一缩减五寸，落净深四尺五寸，脊步又按金步净深缩减十分之一，四寸五分，连前缩减五寸，合计共缩减九寸五分，计落净深四尺零五分，金脊两步共缩减九寸五分，即“推山”应向外推移的总尺寸。推山以后，三步合计通深13.55尺，比原定的通深尺寸15尺，缩短1.45尺。九檩房例仿此（参见表8）。所谓“推山”，实际就是将两山自檐步以上金脊各步架的档距，自外而内，逐步予以缩小，前后坡檐步以上金脊各步处于梢间的檩木（金、脊檩、扶脊木等），自内而外逐步予以加长，四角檩木方可合缝搭交。庑殿顶不“推山”，四角垂脊水平投影成45°角，斜线是笔直的，经过推山处理，檐宇方角以上，四垂走势透迤婉转，飘然翚飞，形象立为改观，足见劳动人民艺术审美能力。

表6　《工程做法》举架分数

房屋檩数	举架分数 %					附注
	檐、廊步	金步（下金步）	中金步	上金步	脊步	
九檩房	五举 50	七举 70		八举 80	九举 90	庑殿、歇山座带斗科做法（所谓殿式）
	50	六举 60		70	90	大木大式不带斗科做法
	50	六五举 65		七五举 75	90	《营造算例》例
九檩大式楼房	下檐廊 50 上檐廊 四举 40	60			80	上檐七檩做法前后廊
七檩房	50	70			90	六檩前出廊，七檩前后廊（大小式），七檩封护檐库房同，七檩歇山城楼、角楼、闸楼同，《营造算例》例同
五檩房	50				70	五檩硬山闸楼，五檩川堂，五檩方、园亭同，大木小式五檩、六檩前出廊同，《营造算例》例同
三檩房					50	垂花门例
十一檩房	40	50	60	70	80	挑山仓房例
	50	60	65	75	90	《营造算例》例
八檩房	50	60		70		卷棚房例
四檩房	50					卷棚房例
	四举 $\frac{进深}{5}$					大木小式卷棚房例
檐头飞檐椽（反宇）举势	三五举 35					《营造算例》例，（《工程做法》失载）

（5）架梁：架梁或称屋架，是房屋大木间架隔间分缝用以支承屋盖的承重架构，最简单组成形式是由前后两颗檐柱横架一根大梁，如“衡门”横木为门之法，因有“门式梁架”之称，多用于平顶小房。由简而繁，叠梁架屋，大梁以上分层叠架矮柱短梁、二梁、三梁，逐架增高，逐步缩短，最上短梁当中树立单柱或双柱，自檐柱以上形如山字形状，也称“山字梁架”，通用于坡顶起脊房屋（卷棚房圆背不起脊，顶梁或称平梁、月梁，并列双柱（参见图15－5－4）。每间房屋具有两梁四柱，数间一顺相连，隔间梁架分缝称为“梁缝”，或分称其间某缝梁，以资区别。左右梁缝之间，逐架联以横檩，檩档斜架椽子，椽上铺钉望板，形成屋盖木基层，通体架构空间即所谓间架结构，间架又属于其中的基本骨干。单体长方形房屋梁架一律竖向横排，为了加大屋深，前后出廊造，檐廊一步即随各缝梁架增出半架，或单步梁或双步梁做法，称为廊步。由于屋盖形式不一，两梢间梁架也常采取相应的变通办法，如庑殿五脊四面坡顶，两梢间通常使扒梁或顺梁与次间梁架正交搭接；歇山房两头梢间使用顺梁，自两山博风退进一步与次间梁架平行横跨踩步金梁于前后檐顺梁之上，仍如各架梁缝逐步随坡取平。其他四、

表7　《营造算例》庑殿推山定分方法（①七檩房例，②九檩房例）

步架名称	步架深（原设计深度）（营造尺）	步架深（推山以后净深）	推山分数与尺寸（营造尺）	计算方法（原书算例）
① 檐步（第一步）	5	5	檐步方角不推山	
金步（第二步）	5	4.5	十分之一步深 0.5	$5-\frac{5}{10}$
脊步（第三步）	5	4.05	递推十分之一步深 0.95	$5-\frac{5}{10}-\frac{1}{10}(5-\frac{5}{10})$
合计	15	13.55	1.45	
② 檐步（第一步）	6	6	檐步方角不推山	
下金步（第二步）	5	4.5	十分之一步深 0.5	$5-\frac{5}{10}$
上金步（第三步）	4	3.15	递推十分之一步深 0.85	$4-\frac{5}{10}-\frac{1}{10}(4-\frac{5}{10})$
脊步（第四步）	3	1.935	递推十分之一步深 1.065	$3-\frac{5}{10}-\frac{1}{10}(4-\frac{5}{10})-\frac{1}{10}[3-\frac{5}{10}-\frac{1}{10}(4-\frac{5}{10})]$
合计	18	15.585	2.415	

六、八角亭子或圆檐攒尖顶屋盖，用扒梁或抹角梁（方角斜抹），适宜变化。见于《工程做法》各种屋架，一般居住用房多属山字形梁架，起脊房由五檩五架梁到七檩七架梁为止。没有用九檩九架梁例。卷棚顶，由四檩四架梁、六檩六架梁，则八檩八架梁为止。如出廊造，则随正身各梁缝接出半架；中柱式梁架，前后两侧平插单步、双步梁，由于室内或门道进深分间，小式房屋两山山柱式梁架与此相仿。最大十一檩仓房做法，房身梁架匀分三大步，当中一步用五架梁，前后两步改用三穿梁做法（三穿梁自最下三穿梁上逐层架双步梁、单步梁），与当中五架梁接续，整体形为“鹫门式”梁架，当即仿于《鲁班经》所谓“秋千架”做法。故宫中和殿（方殿）室内当中四柱方架也

表 8 斗科各项尺寸做法（《工程做法》卷二十八）

（1）

材分	迎面安翘昂斗口宽度（营造尺）	说明
头等材	0.60	凡算斗科上升斗栱翘等件长短高厚尺寸，俱以平身迎面安翘昂斗口宽尺寸为法。斗口有头等材，二等材以至十一等材之分。头等材迎面安翘昂斗口宽六寸，二等材斗口宽五寸五分，以至十一等材，各递减五分，即得斗口尺寸。按：材分等第斗口宽度即标准枋材断面宽度，标准材分为足材单材两种，足材断面宽高比为1:2，单材为1:1.4，如头等材足材宽0.6尺，高即1.2尺，即断面0.6尺×1.2尺之枋子，单材宽0.6尺，高即0.84尺，即断面0.6尺×0.84尺之枋子。
二等材	0.55	
三等材	0.50	
四等材	0.45	
五等材	0.40	
六等材	0.35	
七等材	0.30	
八等材	0.25	
九等材	0.20	
十等材	0.15	
十一等材	0.10	

（2）

分件名称	部位定分	规格尺寸（斗口）	说明
桁碗	高度定分	正心枋中至挑檐桁中拽架长×举架高	
头昂后带翘头	翘头加长分数	自十八斗底中线以外加长0.54斗口	单翘单昂斗科，单昂后带菊花头，不加十八斗底。
二昂后带菊花头	菊花头长度	3斗口	
蚂蚱头后带六分头	六分头长度	自十八斗外皮加长0.60斗口	斗口单昂斗科蚂蚱头，后带麻叶头，加长分数照撑头木后麻叶头之法。
撑头木后带麻叶头	麻叶头长度	1拽架长加0.54斗口	斗口单昂斗科，撑头木后不带麻叶头。
昂咀	昂咀长度	自昂咀中线以外加长0.30斗口	
斗科分档	档宽定分	两攒斗科斗底中线至中线之档距宽11斗口	按：本节为翘昂斗科档距定分例，一斗二升交麻叶及一斗三升斗科档距8斗口，城门楼上下檐斗科档距12斗口，见另卷。

是这种形式。古建屋架采用叠梁架屋办法，有其合理成功的发展历史，最早见于文献的“两下五梁”，即两坡顶五架梁做法。古代劳动人民在数千年的创造逐步发展为今日所见各种构造形式，经过长期考验，确有其独到之处。《工程做法》沿袭前代做法，变革不大，在用材规格比例，较之唐宋时期渐次肥大，各架梁断面一般采用1：1.2，近于正方形，料头加大，多费木材（当时并不是通过科学计算方法），可能与所用松材质地有关，或由于柁梁多利用原木解锯，材高足用，两侧无须多裁而形成这种规格形式。从实例所见，乾隆以后梁材比《工程做法》所定又多有加大，可能就是出于上述原因而考虑的。

（6）大木构件断面规格分数：柱木、梁枋、桁条、椽子之类，断面规格尺寸（料头）的定分，与房屋间架远近、深浅、高低形势具有一定比例关系，按类统系，分别轻重，各有规矩。大木大式带斗科出廊做法，构材定分以斗口材分为计量单位，方法依据大致分五种情况。

①立柱类。统以檐柱径寸为准，檐柱（小檐柱）直径以6斗口为率（三足材高度），约为柱高百分之十左右（长细比1：10）。金柱径（老檐柱）比檐柱径加大2寸定分，室内如有钻金柱或里围金柱、中柱做法，则按照金柱径随所在步架檩缝逐步加大2寸。采用以檐柱为法，自外而内逐步增大的办法。屋盖、荷重由脊檩中分前后两坡，集于前后金柱之上，递传至前后檐柱，檐柱十比一的长细比足以胜任而有余。四坡屋顶同一道理。这些都是来源于劳动人民长期经验（古有权衡木材轻重之法），与近代结构力学原理基本相符。梁上各架所用柁墩，瓜柱断面多属长方形，一般随下面梁身厚度减去十分之二规定身厚，随身厚减去2寸或1.5寸定宽，通用此法。

②上架各架梁木，由下而上，下面大梁断面大小以金柱径为准，先定梁宽，以宽定高，大梁以上二梁、三梁各按下面梁身断面逐架减小。如七架梁做法，七架大梁身宽按金柱径加大2寸定分，即随金柱两边各肥出一寸，工匠称为加一“肩”，梁高按梁宽增加百分之二十，断面宽高比例1：1.2，与宋式梁栿断面1：1.5—1的比率，趋于肥大。五架梁断面宽高照七架梁各缩减二寸，三架梁又比五架梁各缩减二寸，与七架梁规格比例相仿，只具体尺寸略有减小而已，整个梁架从梁头迎面看来类似层塔，益上益小。其他如庑殿两山所用，与正身梁架成正交的各架扒梁（《营造法式》所谓丁栿），或歇山式屋顶搭在梢间前后檐顺梁之上的踩步金梁与其上的短梁，梁身宽高，一般都是随正身各架梁断面规格，只天花梁宽随金柱径加二寸定高。檐廊挑尖梁（或“抱头梁”做法）则随檐柱径寸定分，身宽6斗口，头宽4斗口（2足村高），身高随廊步进深连斗科外出泄架长度按五举高分数，再加4斗口（蚂蚱头与撑头木合高口分）定分，一般高在8斗口上下，与大梁断面基本相仿。

③檐额枋与金脊枋类，断面定分方法与梁相反，先定枋高，后定枋宽。檐廊大额枋高6斗口（三足材高），宽按高减小二寸；小额枋高4斗口，宽减高二寸，由额垫板用一材分（1×2斗口），三件重叠安装，合高12斗口，两倍于檐柱径。檐柱随所用斗科类型，净高分数不等，檐额这部分高度约当$\frac{1}{4.5}-\frac{1}{5}$柱子净高，从房屋迎面看来更加重了明间的广阔局面（只用檐枋的与左右檐柱三面交圈宽窄一致）。若在三、五间的门座，立面处理，明次间只用单额枋，次、梢间用双额枋，两头加重，突出当中档口，便于出入交通，也增加了中间大门景深。其他金脊各步横枋与天花枋一律随小额枋大小，大梁随梁枋，同大额枋，挑头随梁枋，同小额枋。斗科上各种枋子断面随足材规格，以挑檐枋为准，宽高比例1：2（足材），也就是所谓标准枋材。

④桁条，断面定分以正心桁为准，直径4斗口（二材分），小于檐柱直径三分之一，金桁（老檐桁）各步与脊桁、扶脊木径寸都随正心桁规格，只挑檐桁按正心桁减小二寸定分。斗科上面井口枋随挑檐桁定高，高低取齐。斗科下平板枋随大斗宽高一致（2×3斗口），扁身平铺于大额枋。

⑤屋盖四角角梁，由戗和其他散材，不直接使用斗口度量，改用椽木径寸为法。老角梁断面宽高2×3椽径，仔角梁、由戗相同，实际等于四角椽子尺寸加大。檐椽直径是按35％桁径定分的，仍然不离斗口材分标准。屋盖各种构材零散复杂，规格不一，分类微细，则改以椽木为准，更便于计算。角梁规格最大，其余连檐木、瓦口（底瓦随形木托口）、椽碗（圆椽身内套口）、里口（方椽身内卡口）、望板之类，规格尺寸多在椽径分数以下，或三分、五分，或径寸上下，不再一一细列。总之，大致可以看出，对于大木各种构件，由柱木梁架檩椽支于承重结构，到横枋、上顶覆盖各种，按类随宜定分，犹如引线穿珠，头绪秩然不紊。

⑥大木加榫：俗称榫卯，《营造法式》称为“卯眼”，即古所谓枘凿。枘即榫卯，凿即窍眼。榫出头纳入窍眼，两者相合形成一体，本于大木结构节点联接之法。《工程做法》称为加榫。加榫之法，大小式做法大同小异，随构件位向、联接方式，大致可分为四大类：上下榫、出入榫、扣榫（或称银锭榫）、搭交榫（或称搭交出头、交角出头）。其他如柁头、桁碗、交掌、错缝等细目，分别归入上项。卯窍又分开眼、入槽。榫卯

表9 斗科材分规格表

等第	斗口口分	断面规格（营造寸）				逐等递增倍数
		足材		单材		
		宽高尺寸	断面积（方寸）	宽高尺寸	断面积（方寸）	
一	一寸	1×2	2	1×1.4	1.4	2：1.4基数
二	一寸五分	1.5×3	4.5	1.5×2.1	3.15	2.25
三	二寸	2×4	8	2×2.8	5.6	4
四	二寸五分	2.5×5	12.5	2.5×3.5	8.75	6.25
五	三寸	3×6	18	3×4.2	12.6	9
六	三寸五分	3.5×7	24.5	3.5×4.9	17.15	12.25
七	四寸	4×8	32	4×5.6	22.4	16
八	四寸五分	4.5×9	40.5	4.5×6.3	28.35	20.25
九	五寸	5×10	50	5×7	35	25
十	五寸五分	5.5×11	60.5	5.5×7.7	42.35	30.25
十一	六寸	6×12	72	6×8.4	50.4	36

表10 斗科名类规格

名类 ＼ 形制尺寸	结构形制（斗口）				斗科每攒定分（斗口）			附注
	材数	通宽	通深	通高	宽 攒中档距	深 拽架中至中	高	
1.斗口单昂斗科	3	9.6	9.3	7.2	11	里外二拽架 6	7.2	本表以平身斗科为例。
2.斗口重昂斗科	5	9.6	15.3	9.2	11	里外4拽架12	9.2	
3.单翘单昂斗科	5	9.6	15.3	9.2	11	同上	9.2	
4.单翘重昂斗科	7	9.6	21.3	11.2	11	里外6拽架18	11.2	
5.重翘重昂斗科	9	9.6	27.3	13.2	11	里外8拽架24	13.2	
6.一斗二升交麻叶斗科	2	6.6		5.2	8		5.2	
7.一斗三升斗科	2	6.6		5.2	8		5.2.	
8.三滴水品字科斗科								
9.内里棋盘板上安装品字科斗科								
10.隔架科斗科								
11.挑金溜金斗科								

具体制作又有透榫、半榫、大出大入、大接小接、抱肩、吞肩、内樵多种做法。榫卯规矩定分见于《工程做法》与《营造算例》所载，只有加榫长度，没有方圆轮廓尺度，长度分数两者也微有出入。过去这种细部操作多掌在工匠，官书略举大概。在这点上不如《营造法式》详细。清制榫卯做法，从形式上大体如《营造法式》各例，具体制作、放线方法，《大木操作规程》所传或与实例有出入，前后年代的也有微细差别，待将来补充。

⑦木材加荒原则：木作使用木料有圆木、墩木两种，圆木即原材，墩木即方材。圆木径寸不一，墩木定有四种规格，断面宽厚1尺×0.7尺，长分七尺、八尺、九尺、一丈节。或简称七尺节、丈节、丈墩。柱木桁条、帽梁之类使用圆木制作，梁柁、枋类、望板、博缝板之类一般使用墩木，或用圆木解锯。柱木制作如无合适圆木，则采取"分瓣剁攒"方法，周围包镶，加大围径，分八瓣剁攒或十二瓣剁攒。柁梁高厚较大的，无合适圆木可取，另加木植"剁楞长盖"，或用二木"剁攒长盖"。大小额枋等枋子用圆木整料做，或照柁梁法剁做，或按本身宽厚或圆径（如椽圆）作见方，按方材还原方法折成圆木核算，根据构件规格大小薄厚，分别为用。应用方料折合圆木，即《营造法式》"圜径内取方，一百中得七十有一"方法的还原（原木解割成方料出材率71%）。《工程做法》规定有折算公式，以构件方料高厚尺寸之和折半（或以见方尺寸），除以相应的出材率系数，即得所需圆木径寸。出材率随构件规格大小要求各不相同，最小70%、72%、75%，最大80%，较《营造法式》所定又进一步精密。计算方法举例：

①大柁一根高1.82尺，厚1.4尺，按下式计算：

$$\frac{1.82尺+1.4尺}{2} \div 0.75 = 2.14尺$$

即所需圆木直径。

表11 翘昂斗科柱头斗科、角科逐层翘昂迎面宽度递加分数明细表

	柱头科分件口份宽度					角科分件口份宽度					
	单翘（头翘）	重翘（二翘）	单昂（头昂）	重昂（二昂）	挑头梁头	斜单翘（斜头翘）	斜重翘（斜二翘）	斜单昂（斜头昂）	斜重昂（斜二昂）	由昂	老角梁
斗口单昂			2		4			1.5		$(1.5+\frac{1}{2}b_1)$ 2.15	2.8
斗口重昂			2	$(2+\frac{b}{4})$ 3	4			1.5	$(1.5+\frac{b_1}{3})$ 1.933 $(1.5+\frac{b_1}{3})$	$(1.5+\frac{2}{3}b_1)$ 2.366	2.8
单翘单昂	2			3	4	1.5	＼		1.933	$(1.5+\frac{2}{3}b_1)$ 2.366	2.8
单翘重昂	2		$(2+\frac{1}{6}b)$ 2.666	$(2+\frac{2}{6}b)$ 3.333	4	1.5		$(1.5+\frac{b_1}{4})$ 1.825	$(1.5+\frac{2}{4}b_1)$ 2.15	$(1.5+\frac{3}{4}b_1)$ 2.475	2.8
重翘重昂	2	$(2+\frac{1}{8}b)$ 2.5	$(2+\frac{2}{8}b)$ 3	$(2+\frac{3}{8}b)$ 3.5	4	1.5	$(1.5+\frac{b_1}{5})$ 1.76	$(1.5+\frac{2}{5}b_1)$ 2.02	$(1.5+\frac{3}{5}b_1)$ 2.28	$(1.5+\frac{4}{5}b_1)$ 2.54	2.8

附　注　（1）挑尖梁头宽4斗口（$\frac{1}{2}b=2$斗口，$\frac{1}{4}b=1$斗口，$\frac{1}{6}b=0.666$斗口，$\frac{1}{8}b=0.5$斗口），b＝挑尖梁头宽。

（2）老角梁宽2椽径，2.8斗口，内除斜翘昂宽1.5斗口，余宽1.3斗口，b_1＝老角梁余宽（$\frac{1}{2}b_1=0.65$斗口，$\frac{1}{3}b_1=0.433$斗口，$\frac{1}{4}b_1=0.325$斗口，$\frac{1}{5}b_1=0.26$斗口）。

②望板每块厚0.1尺，宽0.9尺，九块并作一块，得见方0.9尺。

0.9尺÷0.8尺=1.12尺，即所需圆木直径。

③草架柱子一根，见方0.6尺，按下式计算：

0.6尺÷0.7尺=0.85尺，即所需圆木直径。

这种计算方法简便，出入极微。方料规格不同，出材率大材要求低，板材要求高，下余随宜加减，表皮仍然可以利用，有利于节约木材。另外，圆木、墩木在使用上另定有加荒（毛料加荒）办法，板材解锯，净料刮刨，在构件规定尺寸以外，都留有“锯路”、“刨口”余分。加荒规则，圆柱使用圆木一般在加榫以外加净荒长五寸、长一丈外，小头直径加荒1％身长。分瓣刹攒，刹楞长盖，刹攒长盖，都另加宽荒一至一寸五分，厚荒一寸。随具体情况而定。

（四）斗科分类制作安装

清制斗科做法见于《工程做法》斗科各卷的大致可以归结为五大类：（1）翘昂斗科，（2）一斗二升交麻叶与一斗三升斗科，（3）三滴水品字科与内里棋盘板上安装品字科，（4）隔架科，（5）挑金、溜金斗科。这五种斗科通用于大式做法各建筑物。

翘昂斗科（图15-5-7）。从所用翘昂件数多少区别，又分为斗口单昂，斗口重昂，单翘单昂，单翘重昂和重翘重昂五种形式。若从用材上区别，斗口单昂又称为三材（俗称三踩或三彩）斗科；斗口重昂与单翘单昂又称五材斗科；单翘重昂为七材斗科；重翘重昂为九材斗科。九材斗科是用材最多的一种。翘昂斗科主要用在房屋檐字以下，按所在位置细分，安装在四围檐柱或重檐金柱以上的又称为柱头科，四角檐柱或金柱以上的称为角科，檐柱或金柱之间，额枋以上的统称平身科。材数多、结构形式复杂的多用于主要房屋，如所举庑殿、歇山三例多为五、七材斗科。次要座用三材斗科的居多。实例有用重翘三昂斗科（十一材斗科）的，原编没有列入。

一斗二升交麻叶或一斗三升斗科。在结构形制上属于两材斗科，大斗上面只安瓜栱与正心枋两材，瓜栱上安三槽升的称为一斗三升，减去当中槽升，改装麻叶云一件与瓜栱十字相交以承托正心枋与檐桁的，即称为一斗二升交麻叶斗科。两种都是斗科当中最简单的做法。从历史上讲，一斗三升又是起源比较早的一种形式。在明清建筑，多用于次要房座或亭类、垂花门。原编城垣转角楼、箭楼例也是一斗三升斗科。

三滴水品字科。里外出材只用翘不用昂，形如品字倒置。室内棋盘板上安装的，只装迎面半攒（按整攒做法只做一半，或即《营造法式》的扶壁栱）。示例为五材做法，实例所见有多至七材、九材的。品字科多用于楼房或城楼平座（平台）之下或里围金缝花枋、花穿枋以上，或者天花藻井四围（藻井斗口材分小，五分至一寸口分）。太和殿室内各种做法都有实例。

隔架科。用于殿座或门座室内梁架。大梁与

表12　斗科安装法（一）斗口单昂（三材）斗科例

安装层次	分件名称	平身科 安装件数	平身科 扣安部位	平身科 分件规格	柱头科 安装件数	柱头科 扣安部位	柱头科 分件规格	角科 安装件数	角科 扣安部位	角科 分件规格	附注
第一层	大斗	1			1			1			
第二层	头昂(单昂)后带翘	1			1						
	搭角正头昂后带正心瓜栱							2			
	斜头昂后带翘							1			
	正心瓜栱	1	头昂中十字扣		1	头昂中十字扣					
	十八斗	1	头昂上前安					2	搭角正头昂上前各安一件		
	桶子十八斗				1	头昂上前安					
	三材升	1	头昂上后安								
	槽升	2	正心瓜栱上两头安		2	正心瓜栱上两头安		2	正头昂正瓜栱上各安一件		
第三层	蚂蚱头	1									
	挑尖梁				1						
	搭角正蚂蚱头后带正心万栱							2			
	正心方栱	1	蚂蚱头中十字扣		1	挑尖梁中十字扣					
	厢栱	1	蚂蚱头前扣		2	挑尖梁前后各安1件					
	搭角把臂厢栱							2			
	十八斗	1	蚂蚱头后安								
	由昂后带麻叶头							1			与第四层挑檐桁碗木连做
	槽升	2	正心万栱上两头安		2	正心万栱上两头安		2	正蚂后正万栱上各安一件		
	三材升	2	厢栱上两头安		4	厢栱上两头各安2件		4	把臂厢栱上两头各安2件		
	升耳							2	由昂上前贴		
第四层	撑头木	1									
	搭角正撑头木后带正心枋	2						2			
	正心枋	1	撑头木中十字扣								
	挑檐枋	1	撑头木上前扣								
	厢栱	1	撑头木后扣								
	里连头合角厢栱							2			
	三材升	3	厢栱上两头当中安					2	合角厢栱上各安1件		
第五层	桁碗	1									
	斜桁碗							1			角科斜桁碗在第四层
	正心枋	1	桁碗中十字扣								
	井口枋	1	桁碗后扣								

表13　隔扇槛窗主要部件规格尺寸

名　件	规格尺寸			附　注
	高、宽、看面	宽、厚、进深	长	
下　槛	0.8檐柱径	0.5本身高	(面阔－柱径)＋两头入榫长2(0.25柱径)	
上　槛(挂空槛、中槛)	0.8下槛高	同下槛厚	同下槛长	
抱　框	0.7下槛高	同下槛厚	(檐椽头下皮至地面高－上槛高－下槛高)＋两头入榫长2(0.5本身厚)	
隔扇				
每扇：边框	看面：0.5抱框宽	进深：1.2看面	其一，同抱框净长 其二，隔扇高＋两头掩榫各0.5本身看面	本例为六抹隔扇分四扇安装，每扇宽$\frac{1}{4}$(面阔　柱径－2抱框宽)，隔扇高同抱框净长。
抹头	看面：同边梃看面	进深：同边梃进深	同隔扇宽	
转轴	宽：0.5边梃看面	厚：0.5边梃看面	隔扇高＋上下入槛各0.5下槛高	
绦环板	宽：2边梃看面	厚：$\frac{1}{3}$边梃进深		落地明做法不用此款。
群板	高：0.4(隔扇高－6抹头看面－3绦环板宽)	厚：同绦环板厚		
隔心	高：0.6(隔扇高－6抹头看面－3绦环板宽)	宽：隔扇宽－2边梃看面		
隔心四面子边	看面：0.5边梃看面	进深：0.7边梃进深	随隔扇心净高宽尺寸	
棂　子(横直棂子)	看面：0.7子边看面	进深：0.7子边进深	随隔心除子边看面尺寸落净高宽，按一棂二空分算，直棂两头加入榫各0.5本身看面	如落地明做法棂子长按边梃净长。
槛窗				
每扇：边梃			槛窗高＋两头俺榫各0.5本身看面，同隔扇做法	
转轴	同隔扇做法	同隔扇做法	同隔扇做法	
抹头	同隔扇做法	同隔扇做法	同隔扇做法	
绦环板	同隔扇做法	同隔扇做法		
槛窗心	高：同隔扇心做法	宽：抹头长－2梃看面		
子边	同隔扇心做法	同隔扇心做法	同隔扇心做法	
棂子	同隔扇心做法	同隔扇心做法	同隔扇心做法	
风槛	同　抱　框	同　抱　框	(面阔－柱径)＋两头入榫各0.2柱径	
榻板	宽：槛墙厚＋2金边	厚：0.7风槛厚	随面阔	

跨空随梁枋空档之间，一般用一攒（或二攒）坐中安装。做法是，最下用荷叶墩，当中贴大斗耳，上安瓜栱一件，二槽升，上托雀替，通体形如工字，共高八材分。《营造算例》称为一斗二升荷叶雀替隔架科，梁枋空档高的，瓜栱上另加万栱，下层高低在雀替上取齐。另有十字荷叶隔架科一种，用于梁架瓜柱分位，习见于明代建筑，《工程做法》未载。

挑金、溜金斗科。与翘昂斗科相同，用在房屋檐宇四围柱木额枋之上，檐柱中线以外与各种翘昂斗科做法完全一致，柱中以里、明、次、梢间平身科翘昂里面仍如外面，但不用栱升，改安麻叶云、三幅云（柱头科翘、梁里面、角科叙翘、昂里面，并如平身科）；其蚂蚱头里面六分头，按拽架加科举（檐廊步五举），下接菊花头（角科由昂里面六分头同）；撑头木里面按步架加举起秤杆，秤杆头锒入花台科（金缝花枋或称花台枋上）大斗内，秤杆头下带菊花头（角科斜撑头木里面秤杆头加斜举插入金角柱身）；桁碗里面按举架雕夔龙尾（角科斜桁碗同）。随举六分头，秤杆与夔龙尾三件通高，用覆莲梢贯穿加固。这种斗科在清制斗科做法中，属于最复杂的一种，当作一种最高等级应用于殿式建筑——庑殿、歇山式。所谓挑金、溜金的金是指金步檩缝而言。挑金、溜金斗科后尾自檐柱中（檐步檩缝）随举叙起上搭金步檩缝，斜挑檩垫之下即称为挑金，在檩垫之下、花台枋之上（也叫花台科）即为溜金。《营造算例》斗科覆莲梢附注谓，覆莲梢分别用于歇山挑金悬四柱做法或溜金斗科后尾。歇山挑金悬四柱做法，故宫明建左、右阙门翼门及景山东西门（中柱式门座）都有实例。这种斗科基本同属一种做法，随后尾安装方法位置而有两种称呼，用于檐宇四角后尾与角梁身斜交的也叫里挑金。《工程做法》没有明确划分，后来通称溜金斗科，挑金之名遂废。清制斗科做法大都直接沿承明代官工做法而来，挑金、溜金做法最为明显。明代北京宫殿早期建筑，如神武、东西华门楼与钟粹、诸宫正殿的挑金、溜金斗科具体做法，已然有所出入。神武门楼（西华门同）重檐庑殿周围廊做法，下檐单翘单昂，上檐重翘重昂，都是清制所谓挑金、溜金做法，基本做法仍然沿承宋《营造法式》斗栱下昂出跳制度后期就少见了。

清制斗科做法，从材分标准、名件规格比例、前后拽架展拽分数以及分件组装方法各方面，大体不出《营造法式》规定范围，其间局部或雕饰手法上的变动（如升斗不做卷杀，改为斜抹八字），由于时代的推移，习尚不同，传授多方，在所难免。但在斗科具体应用方面，前后数百年间是有明显变化的。清制各间用平身斗科攒数较之宋制补间铺作只用一、二朵（攒）者大大加密，而且翘昂斗科平装平出，不用斜昂做法，且与金檩缝毫无联系，只起平衡檐檩的弯矩作用；挑金、溜金后尾起秤杆略能产生金檩压力所生反弯矩，前面仍如翘昂斗科平放平出，作用也不如宋制斜昂做法比较合理。

各种斗科具体制作规矩尺寸和安装方法（仅举斗口单昂做法例，其余类推），分见表8—12。

四　装修——小木作（门窗隔扇）

《工程做法》各项装修做法，包括房屋所有门窗隔扇、横披、支窗、帘架、单扇或双扇棋盘门、实榻大门、木顶隔、隔断、壁板、护墙板、木栏杆之类，制作安装统属装修木作，即《营造法式》所称小木作，以区别于大木作各工。装修有内檐（室内）、外檐之分，门窗隔扇外檐所用，安装在檐里（房座不出廊做法）或金里（明廊造、老檐缝）。实榻大门用于门道，安在脊缝或后金缝。棋盘门或在室内，或在外檐。隔断用于室内间架分缝，壁板、护墙板或装在墙壁表面，用以隔潮；木顶格通称顶棚，用于上顶防尘，因有承尘、仰尘之称。支窗用于外檐，可支可落；木栏杆，楼阁外缘装饰所用。这些各类做法大都沿承明代建筑而来。《营造算例》另有炕上装修一种，另外见于故宫后宫室内各种隔扇、落地鸡腿罩、栏杆罩、床罩等细木装修，向由内府样房设计，使用楠木、红木制作，工艺精致，也称为楠木作，属于“内工”做法，盛行于乾隆年间。还有外檐支摘窗做法，原编都没有记载。

大式建筑，隔扇槛窗做法，明间安装隔扇，一般随面阔大小，分四扇或六扇安装，原编示例为六抹隔扇分四扇做法，当中两扇外面另安帘架，自上部帘架心以下即所谓“吉门口”高度。隔扇以上安横披（横窗），随隔扇通宽分三扇安装，中隔间柱。隔扇四周槛框，即今称门窗口，横贴地

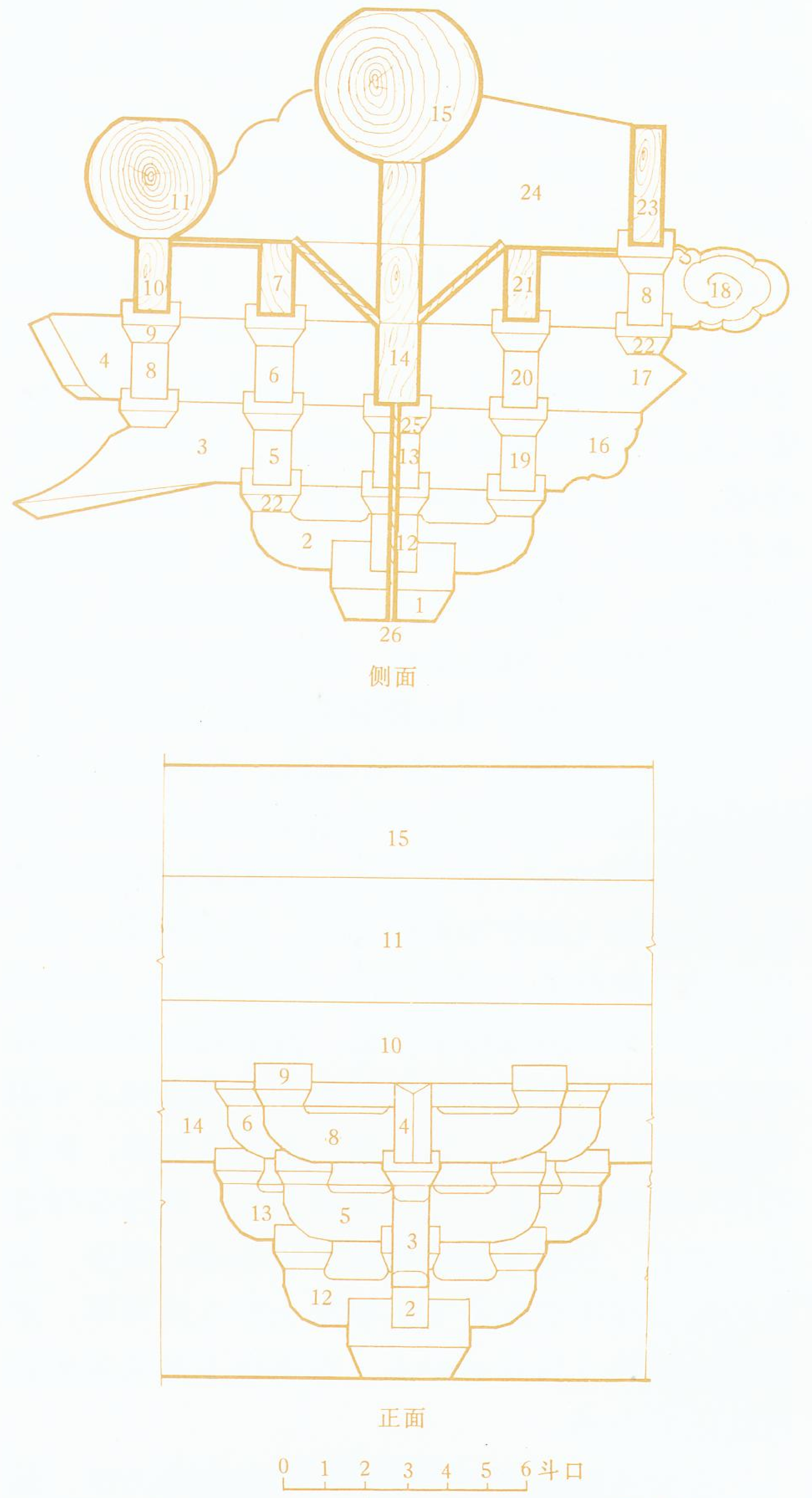


图15-5-7　（1）清式单翘单昂（五材）平身科斗栱正侧立面

1.大斗；2.单翘；3.单昂；4.蚂蚱头；5. 外拽瓜栱；6.外拽万栱；7.外拽枋；8.厢栱；9.三才升；10.挑檐枋；11.挑檐桁；12.正心瓜栱；13.正心万栱；14.正心枋；15.正心桁；16.菊花头；17.六分头；18.麻叶云；19.里拽瓜栱；20.里拽万栱；21.里拽枋；22.十八斗；23.井口枋；24.桁椀；25.槽升子；26.垫栱板

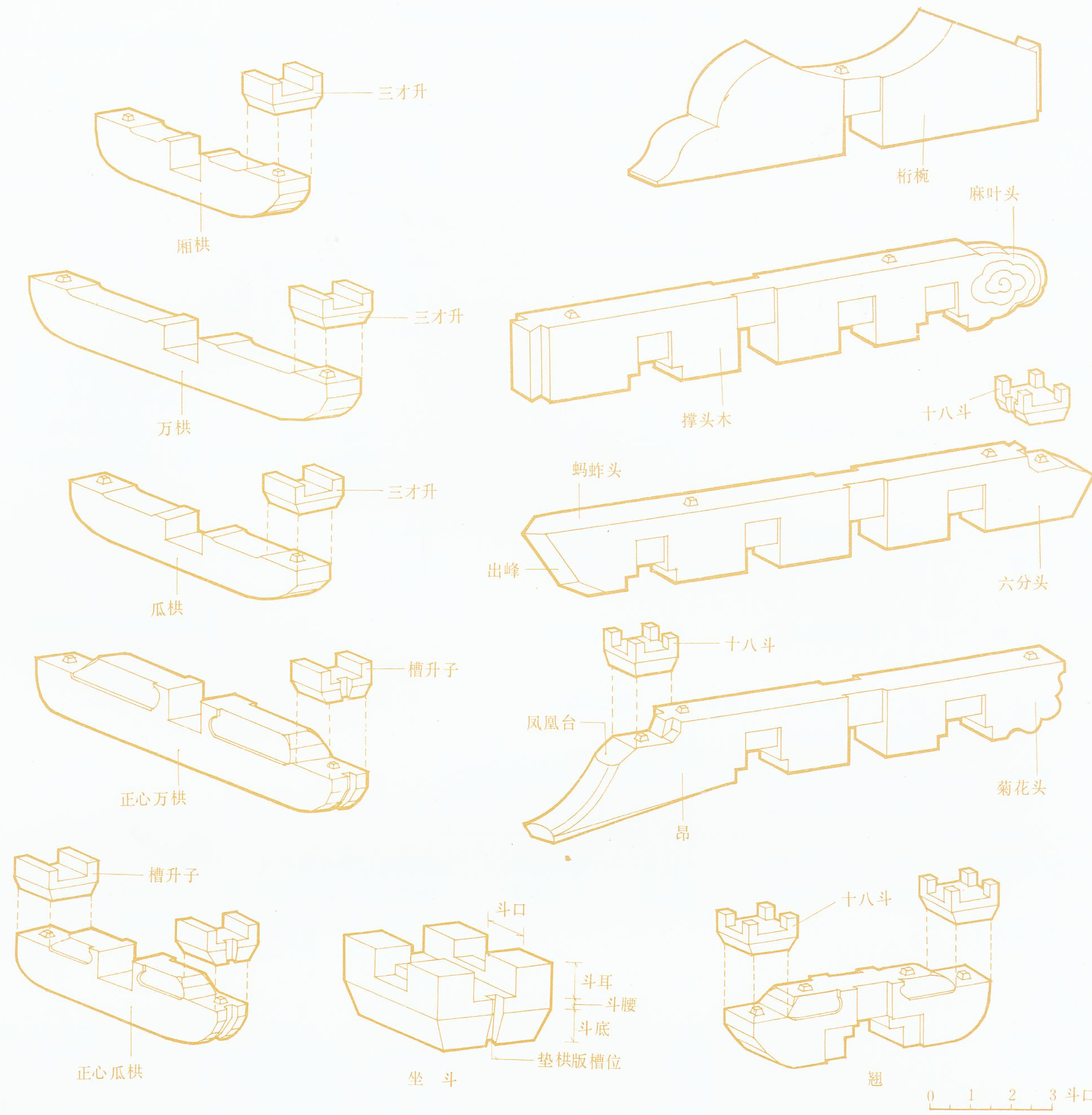


图15-5-7　（2）清式单翘单昂（五材）平身科斗栱分件透视

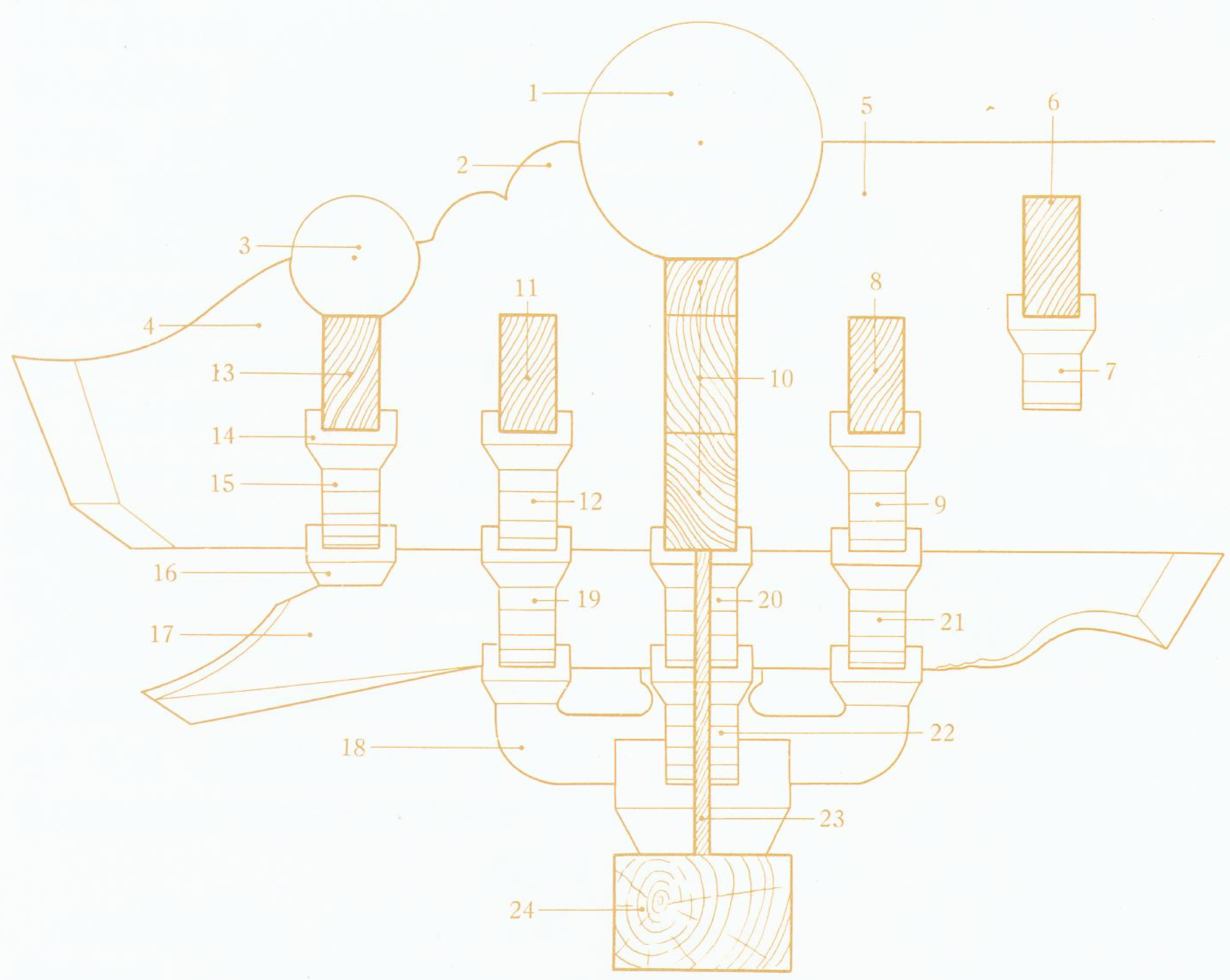


图15-5-7　（3）清式单翘单昂（五材）柱头科侧面图

1.正心桁；2.桁椀；3.挑檐桁；4.挑尖梁头；5.挑尖梁；6.井口枋；7.里拽厢栱；8.里拽枋；9.里拽万栱；10.正心枋；11.外拽枋；12.外拽万栱；13.挑檐枋；14.三才升；15.外拽厢栱；16.桶子十八斗；17.昂；18.翘；19.外拽瓜栱；20.正心万栱；21.里拽瓜栱；22.正心瓜栱；23.垫栱板；24.平板枋

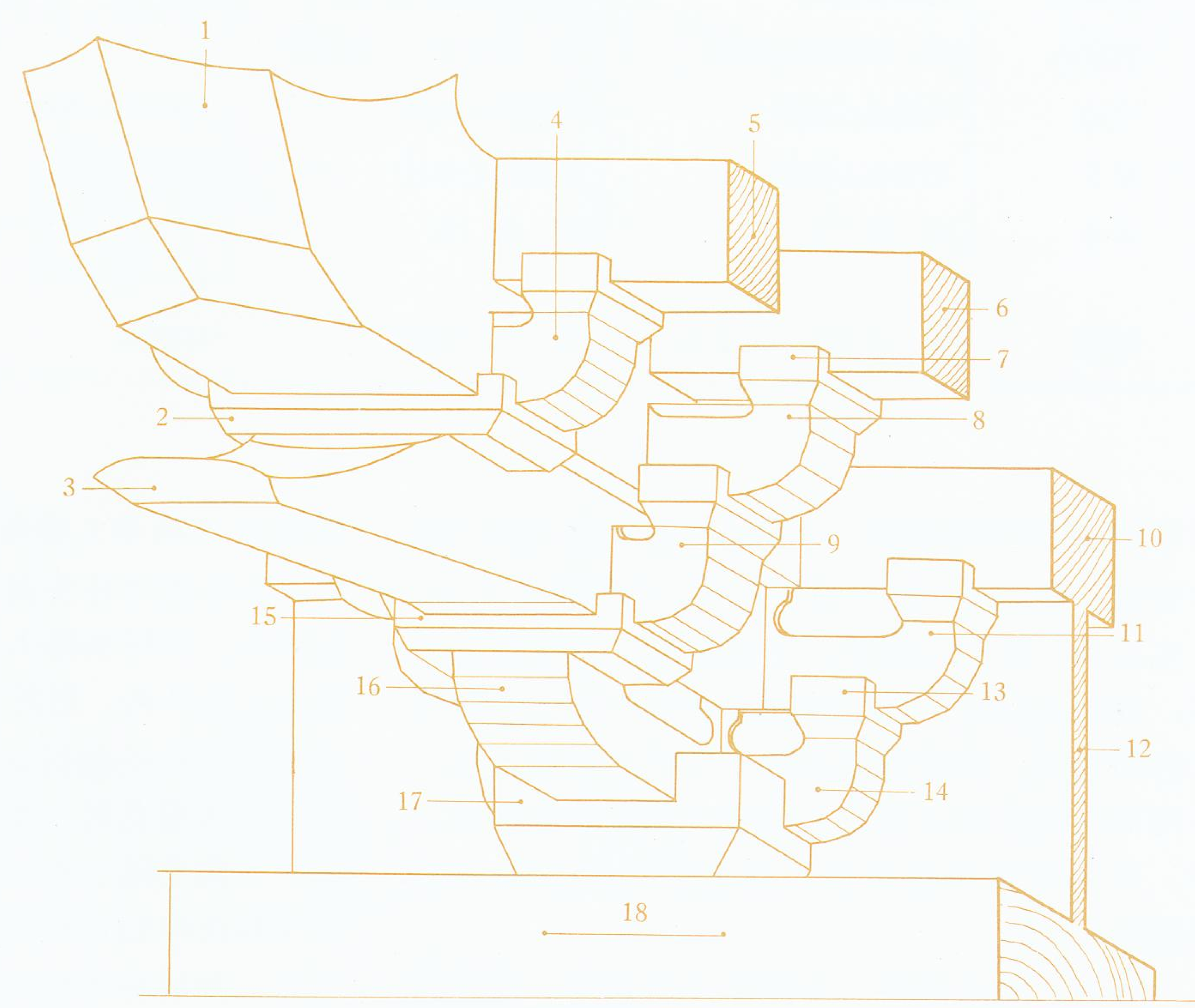


图15-5-7　（4）清式单翘单昂（五材）柱头科斗栱透视

1.挑尖梁头；2.桶子十八斗；3.昂；4.外拽厢栱；5.挑檐枋；6.外拽枋；7.三才升；8.外拽万栱；9.外拽瓜栱；10.正心枋；11.正心万栱；12.垫栱板；13.槽升子；14.正心瓜栱；15.桶子十八斗；16.翘；17.坐斗；18.平板枋

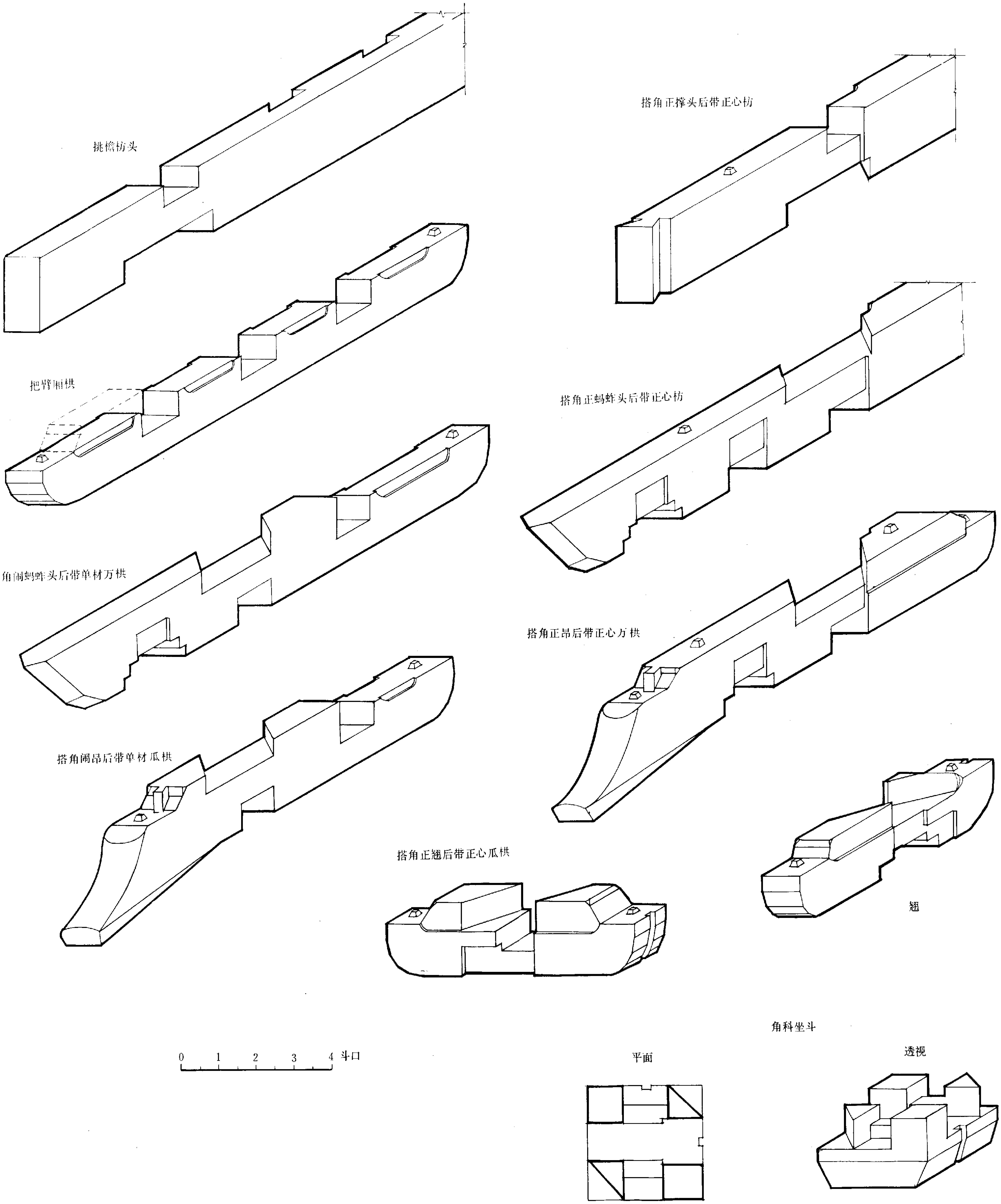


图15-5-7 （5）清式单翘单昂（五材）角科斗栱分件之一

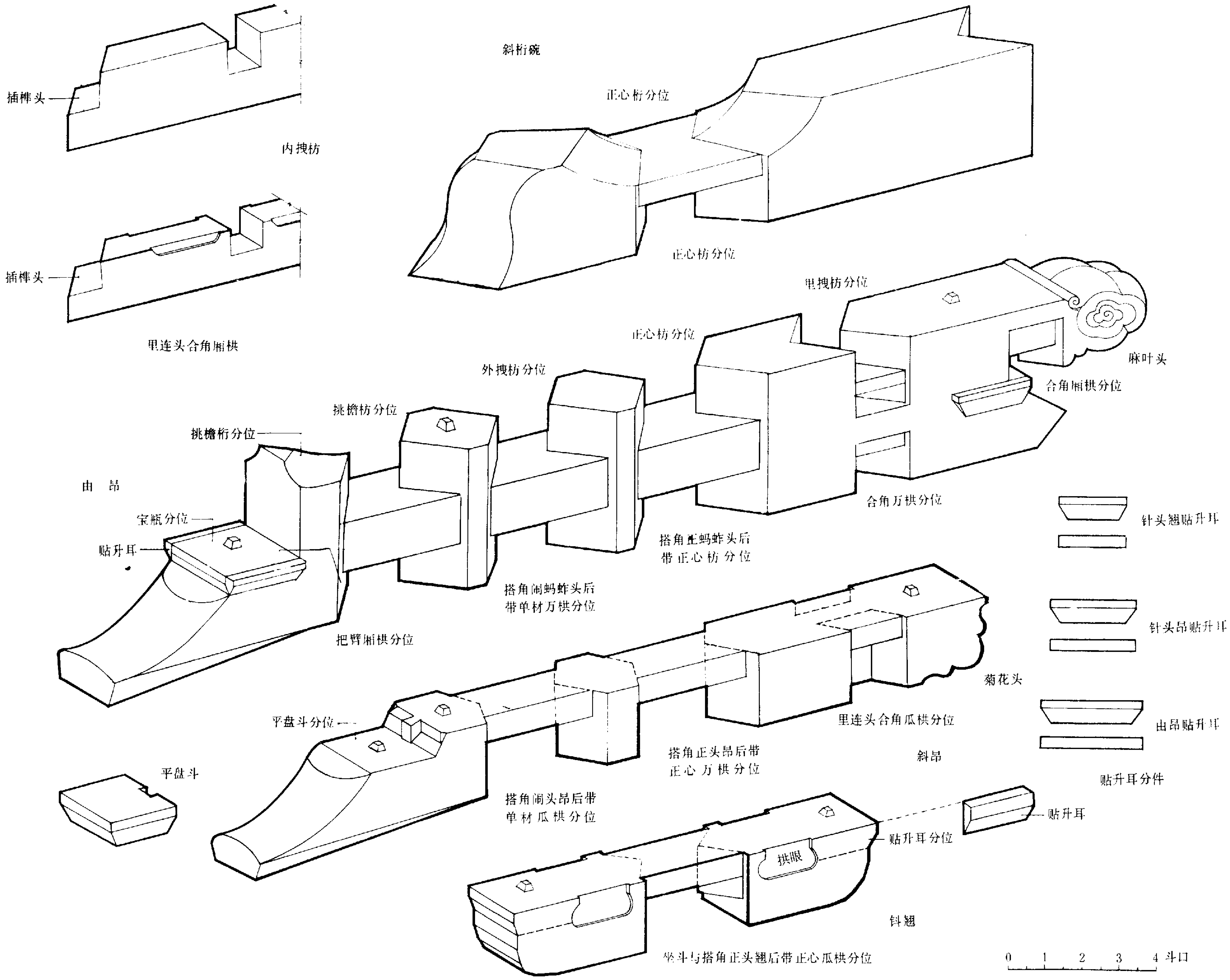


图15-5-7　（6）清式单翘单昂（五材）角科斗栱分件之二

面以上的称为下槛（俗称门槛、门限），隔扇上顶的为上槛，或称挂空槛、中槛，檐枋以下横披以上的为替桩，或称上槛，隔扇两边紧贴柱木的立框称为抱框（当横披两边又称短抱框，与下面抱框两木分做）。隔扇心有多种花样，或横直棂，或交斜，或各种菱花，示例为横直棂子做法。次、梢各间安装槛窗，一般随面阔分四扇，左右廊子分两扇。房间多的明次间都安隔扇，其余安槛窗。槛窗坐于槛墙木榻板以上，四围槛框、窗上横披、窗心棂均与明间隔扇做法相同，窗下槛改称风槛，名称稍异。门窗隔心棂子，所谓横直棂做法，即正方格形式，格眼大小按一棂二空分档。交斜即斜方格，格眼大小同正方格规矩。菱花格多用于宫殿（图15-5-8）。

隔扇槛窗具体制作各有分数（见表13），每槽隔扇或槛窗都是随间安装的，与大木间架档距面阔、檐宇高低具有密切关系。隔扇四围槛框与隔扇边梃抹头、隔心、绦环、群板各种分件长距宽窄和断面规格的定分，分别以檐（金）柱直径或檐飞椽头下至地面高度或步架随梁为依据标准。例如，下槛定高以 0.8 檐（金）柱径为准，宽度按 0.5 本身高，上槛高按 0.8 下槛高，抱框宽 0.7 下槛高，宽厚与下槛一致。隔扇通高定分法，随檐里、金里安装地位略有不同。檐里、明间隔扇安装以飞檐椽为标准，隔扇上槛(挂空槛)上皮与飞檐椽头下皮取平，槛下安隔扇，上槛槛上安横披、替桩。如小式做法，无飞檐椽，即以檐椽为准，或自檐枋以下，按高一丈为度，即系安装隔扇上槛分位，檐枋下皮至槛上皮高一尺分位安装横披替桩。金里安装隔扇则以廊步挑尖随梁枋（小式穿插枋）为标准。上槛下皮与随梁枋下皮取平，槛下安隔扇下槛，槛上安横披替桩。次梢间槛窗安装边抹槛框规格尺寸与明间隔扇相同，槛窗上替桩横披、上槛等俱与明间隔扇取齐，槛窗扇上抹头与隔扇上抹头取齐，下抹头与隔扇群板上抹头取平。槛窗下面即风槛、榻板与砖槛墙分位高。隔扇与槛窗定高总以通风采光、便于出入为主，在立面设计，尽管左右间广不匀，分扇宽窄不一，通体高度必须保持一致，局部层次分界要求横向取齐，分别处于同一水平线上，收到整齐美观的效果。

单扇棋盘门（或双扇做法）用于室内或外檐，上面安门头窗。门扇四围边抹，装门心板，门扇大边按吉门口定高。

实榻大门、槛框、边抹、穿带均与棋盘门做法相同，门心板则与大边同厚。与棋盘门不同之处，一为框心装薄板，一则门心板与边抹厚薄一致，如同一块整板，故称为实榻。实榻大门安装于门座，明间安一槽，或明次间分装三槽，随门座间数多少而定。安装位置或在脊檩缝，或在后檐金檩缝，门口高宽按吉门口定分。

隔断壁板，护墙板之类，原编没有具体规定，用在宫殿实例很多，安在间架分缝，一般四围槛框如门窗隔扇做法，中心装木板，表面满槽油饰。

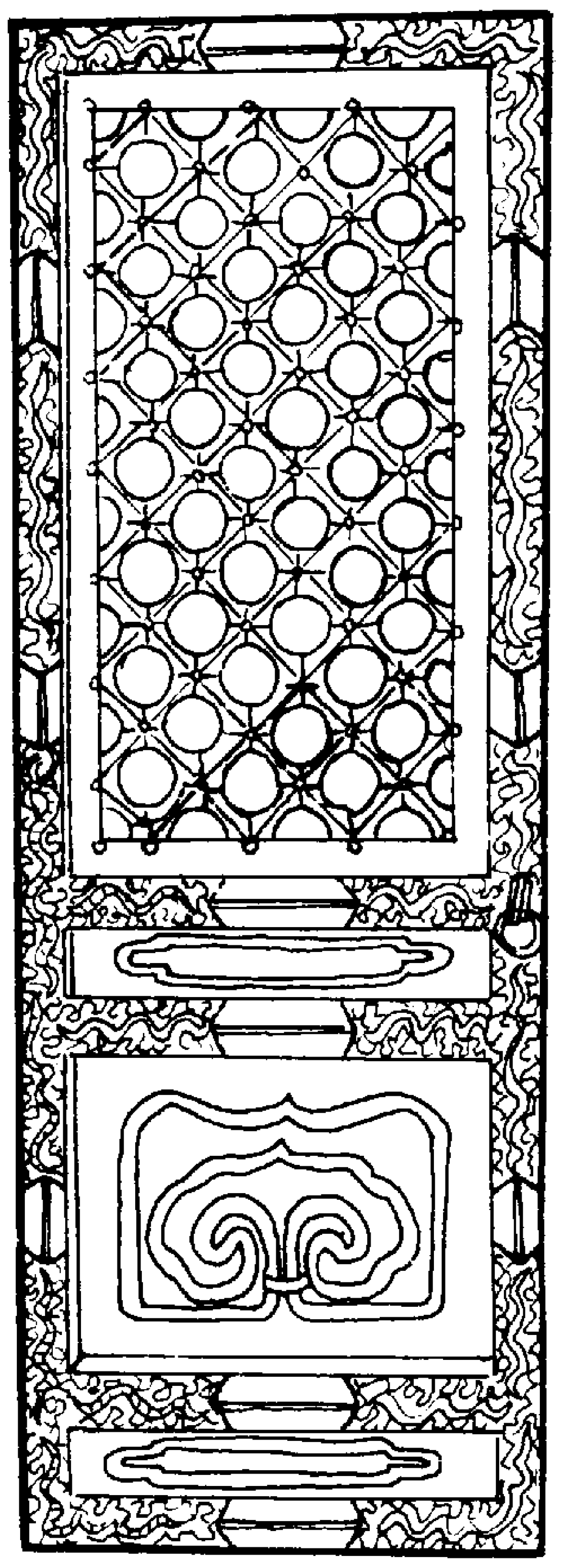


图15-5-8 （1）外檐装修五抹菱花隔扇

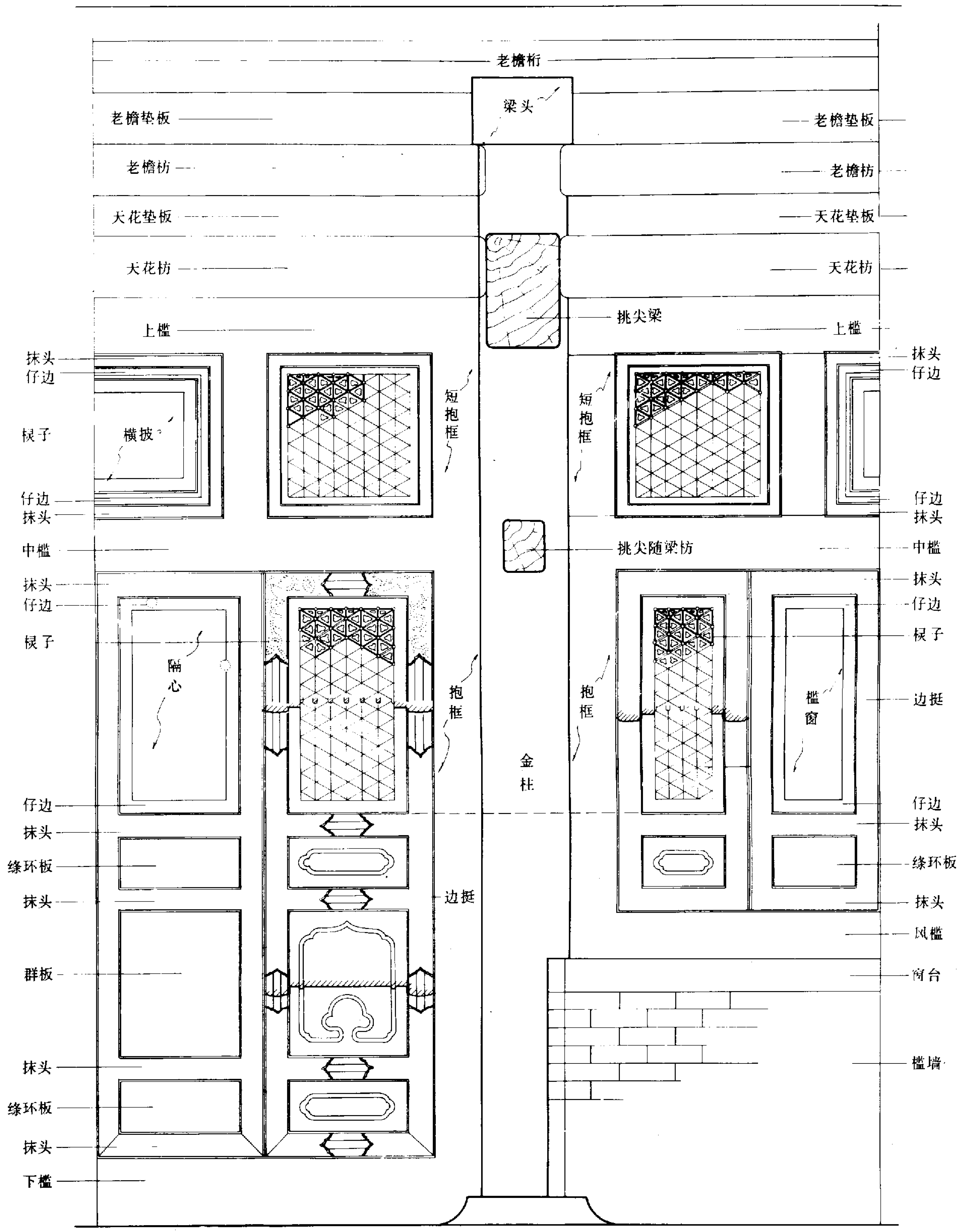


图15-5-8 （2）大木装修图

另外，上述关于帘架定高，棋盘门、大门口框高宽分数都涉及“吉门口”问题。所谓“吉门口”，即原编“门诀”一卷所列各种门口高宽尺寸的规格程式，自最小2.01尺至最大11.6尺，共分124种大小不同的规格，都是根据“门尺”选定的。门尺也叫曲尺、八字尺或门光尺，一尺等于1.44营造尺，全长分作八寸，每寸折合0.18营造尺（曲尺分十寸，每寸折合0.144营造尺）。每寸分档标注吉凶八个字，四吉四凶，吉字用红色写，凶字用黑色写，每字档分别标注吉凶事例，或历象九宫：白黑碧绿黄白赤白紫字样，以八卦坎水、乾金、艮土和九宫三白为吉方。三白即匠家所谓“厌白”之法，名类多种，不外乎汉唐以来方士、术数家传会之说。古代建筑设计门口选用吉字各档以定高宽尺度，所以称为吉门口，取趋吉避凶之意。门诀选取吉字各种尺寸换算成营造尺，划分财门、义顺门等四格。上例安装隔扇帘架即大式做法房座体制，门口高宽为6.64尺×3.62尺（2.125米×1.16米），属于义顺门格。实榻大门口宽7.16×高8.6尺（2.29米×2.75米），属于财门格。门是内外出入的主要孔道，以便利实用为主，根据生产、生活实际需求规定相应的宽高口分，其始原是劳动人民基于实践经验而来，初不含任何神秘意义。《考工记》以辙广定道途，以车轨或扃长定门道口阔，不离乎交通工具应用容量。房屋修建、选向定位，首先考虑避火散水、出入便利问题，居室门户自以安全为主。过去经验丰富的老匠师对于门户堂途的设计是很重视的，常言说：“门宽二尺八，死活一齐塔”，就是说安门口必须依据婚丧嫁娶所用轿舆或棺木宽窄尺寸为准，和家具什物都是直接关系家居生活的重要内容。古今中外建筑形式固有不同，总不会脱开实用为主这个基本原则。我国古代建筑，自汉唐以来，由于附会阴阳五行说，故造神秘，致使匠家规矩制作蒙上一层迷信色彩，这种有害成分是必须摒弃批判的。

附：装修用铜零件

铜料包括门窗、隔扇所用铜零件，殿角角梁下所系铜风铃，琉璃吻铜锔子，铜瓦帽，檐下铜丝网之类，专为宫殿建筑所用，一般建筑多使用铁料制作。

隔扇槛窗铜零件，主要用于木装修榫卯节点，使之联接更加稳固；出入拉手、开关转轴。大门门钉联接背面横穿，包门叶，保护门扇，各具一定功能，加以雕镌花饰，又富有美观作用，名件多种，各有用途。

（1）看叶、拐角叶：用于隔扇（或槛窗扇），拐角叶用在四角边抹拐角，看叶用在开关扇立边当中，上带扭头圈子，即开关拉手。宫殿所用都镌有花纹，清代一般雕作云龙纹，用黄铜镀金，小殿座或用贴金做法。

（2）菱花钉：用于隔心菱花格子心，钉眼钱用，每眼钱钉一个，一般用贴金。

（3）铜门钉：用于实榻大门，如宫殿大门，寺庙、王府、正门、城门等。在封建等级制度下，大门使用多少，圆径大小、间距远近，各有严格规定，分为九路、七路、五路做法。宫殿使用九路，等第最高。

（4）兽面：即古之铺首，规定圆径按二门钉径定大小，大门每扇一副。

（5）门钹：带钮头圈子，大小按门边定，一般门用。

（6）大门包门叶：每扇四块，用在大门扇正背面上下四角。

（7）吻兽铜锔：用于宫殿屋顶琉璃大吻，合

角吻，琉璃兽，联接分件拼缝，多用镀金。吻兽样号、拼块多少、用钉规格大小、数量各有规定。如十三拼大吻，每支用长0.45尺，宽0.1尺，铜锔十六个。

（8）铜瓦帽：盖于琉璃筒瓦钉上，按筒瓦样号大小，使用铜帽大小径寸不同。

这些铜料从名件规格，做法要求各方面，都是专为宫殿而制作，不是一般官工可以随意使用。名件有其防护作用，然而，刻镂金涂、图案表现，仍然重在夸耀专制权势，挥霍人民宝贵财富，远远超过制作应具的功能作用。

五 石 作

古建石工制作以房屋基座石活为重点，石础上承柱木荷载屋盖重量；台基四围压面抱角，虽不直接承重，实有利于基座的维护保固，且可起有衬托美观的作用。台基高低围势因房屋间架形制大小而有繁简精糙。大致有两种做法，一般建筑多采用平台形式（图15-5-9），高大建筑如宫殿主座则常用须弥座形式（图15-5-10）。

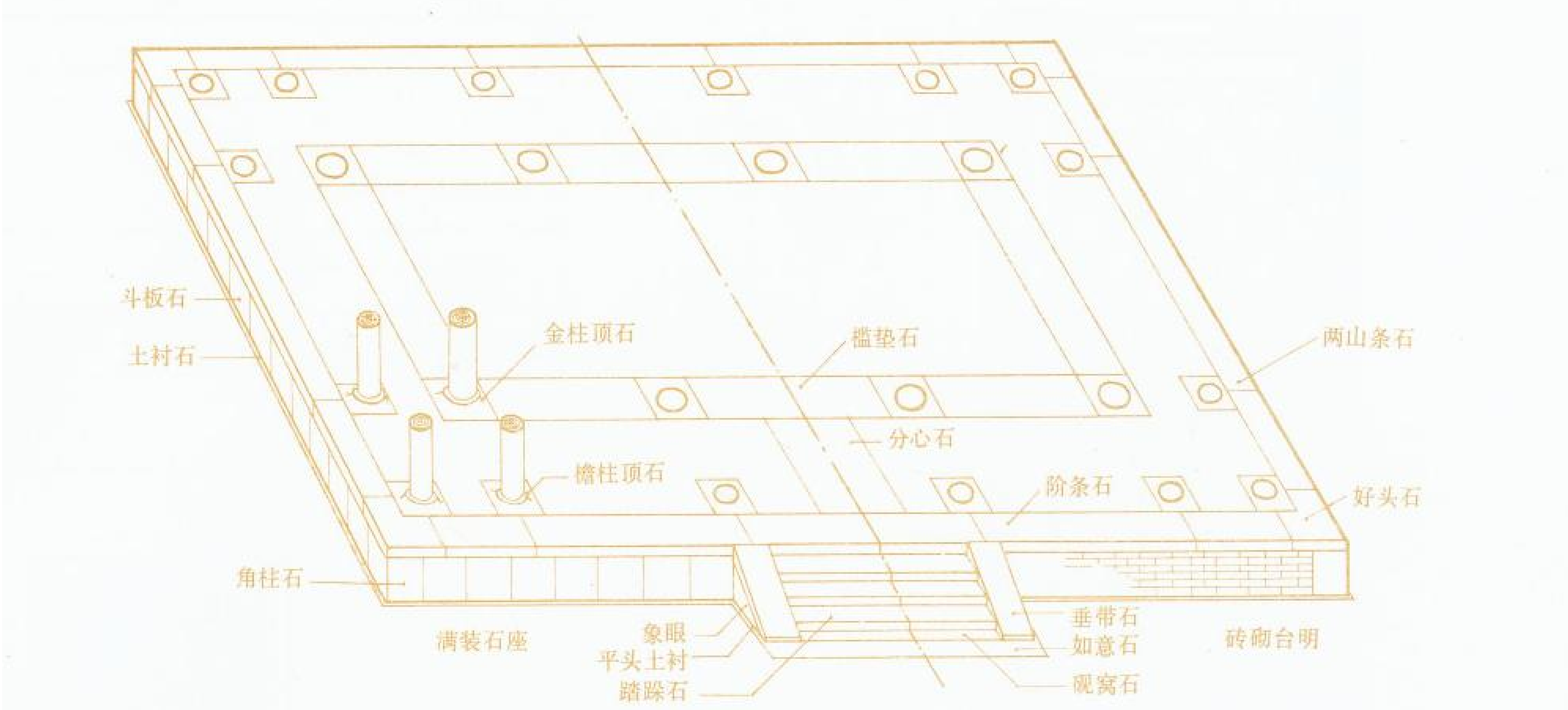
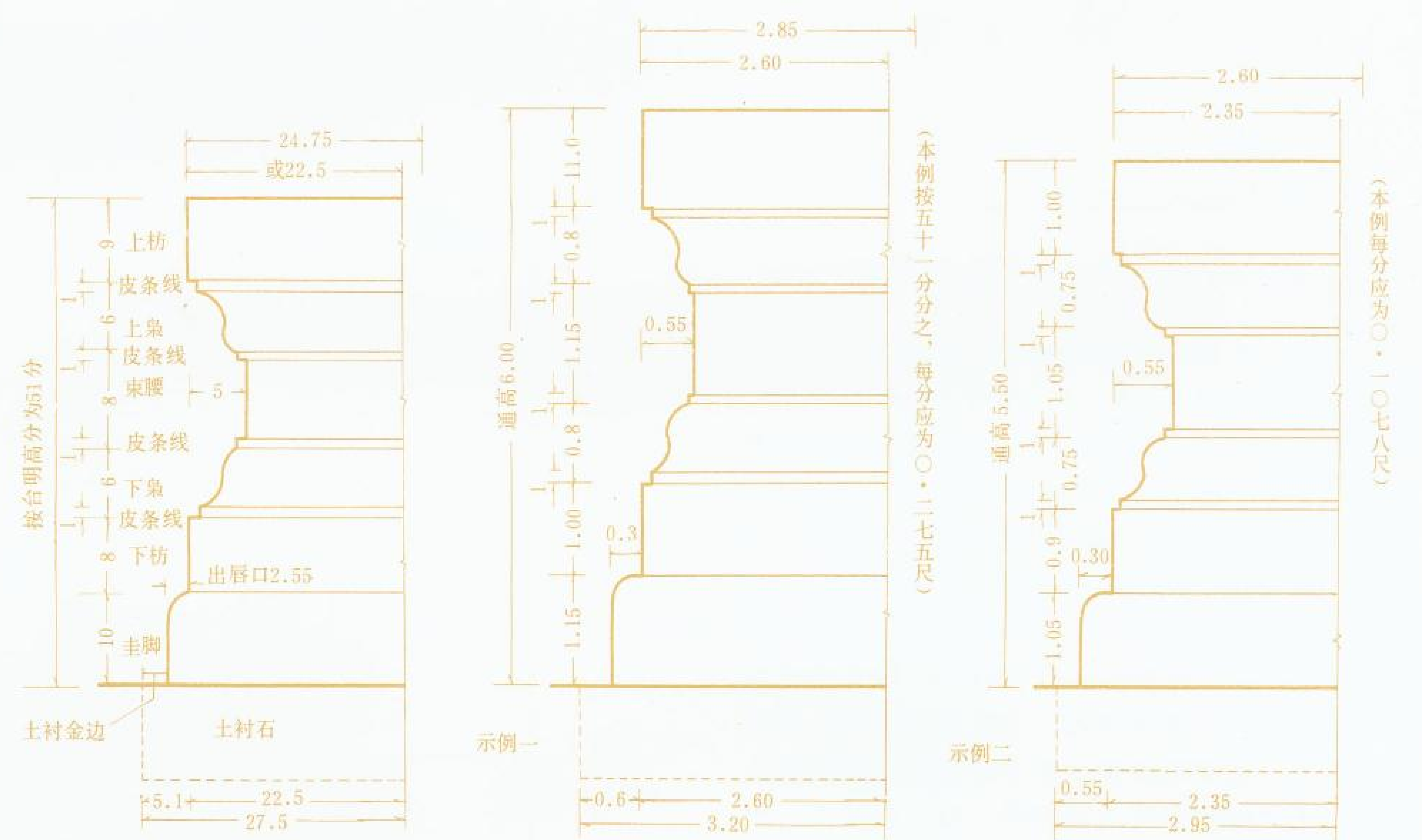


图15-5-9 硬山和歇山石作做法——台基“石活”示意



须弥座各层高低按台基明高五十一分归除得每分若干，内：
圭脚 10分 下枋8分 下枭6分 代皮条线1分（共7分）
束腰 8分 代皮条线上下2分（共10分）
上枭 6分 代皮条线1分（共7分） 上枋9分
以上除上枋外，其余宽俱按圭脚厚二分半九扣，上枋宽按圭脚宽十分之十一（或同圭脚宽）。土衬宽厚同圭脚。
比枋子出金边十分之一台明高。圭脚比枋子出唇子按土衬金边折半。束腰比枋子外边线缩进按
枭儿皮条线高的七分之五（每层宽度定分外出里进的分数，均以圭脚为准）

图15-5-10 清式须弥座做法示意（见《营造算例》单位：营造尺）

须弥座做法，层台数叠，中间束腰，雕镌琬花结带，转角金刚柱子或玛瑙柱子，上下枭混或作莲瓣珠子或素混。上下枋素平或雕作番莲卷草，各层施以线道，最下底层雕成龟脚形式，衬以土衬石，形似承重地脚。

平台做法，多属砖石结合办法，台阶边缘棱角安石活，其余表面用细砖乾摆包砌，背里糙砖，或者全部安装石法，称为“满装座”。《工程做法》通用规范，未举须弥座例，所载属于大小式硬山、歇山或悬山做法。

台明四周压面石，在前后檐位置的称为阶条石，左右两山的称为条石，宽窄不同，薄厚一样，四隅角石有整做的称为“混沌埋头”，两块分做迎面的称为“单埋头”，两山侧面的称为“厢埋头”，也统称为角石。满装座压面石以下迎面安装斗板石（陡板石），其下贴地平的衬石称为土衬石。房座前檐当中（或后檐）用以升降的石踏垛，或称石阶级、石阶，包括阶级石、两边垂带石、象眼石（象限）、当阶前的如意石、土衬石多种分件。

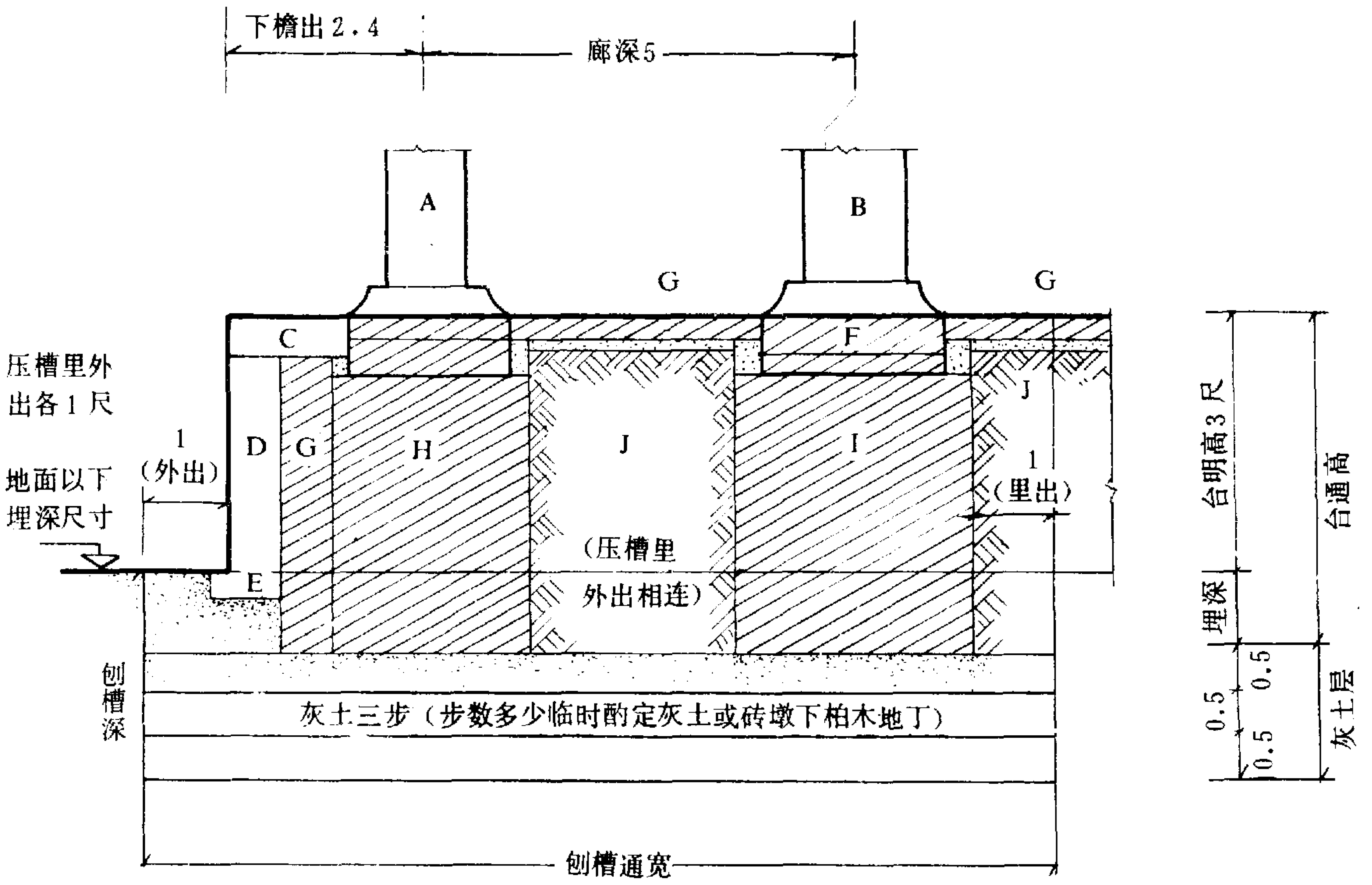
石础形制，大小或做法相仿，檐柱础正方形，上面落鼓径（圆形），见方大小为柱径的两倍，金柱础随金柱径加倍（里围金柱、中柱石础各随其柱径加倍）。大式建筑台基上面当明间正中安分心石，门槛、槛墙以下安槛垫石，用以隔潮。硬山房两山砖墙墀头腿子尽端安角柱石，有方角，有斜抹八字的称为琵琶角柱，随下肩上部安压砖板，也称腰线石。前后墀头安挑檐石，端头雕作枭混（悬山房除无挑檐石外，其余同硬山做法）。垂花门所有滚墩石鼓子，门口两边门枕石之类，规格名件多至二十余种。

其他桥洞券石、水沟石槽、水沟门、龙头沟嘴、夹杆石与须弥座石栏板、望柱等，名目繁多，超出房屋范围。

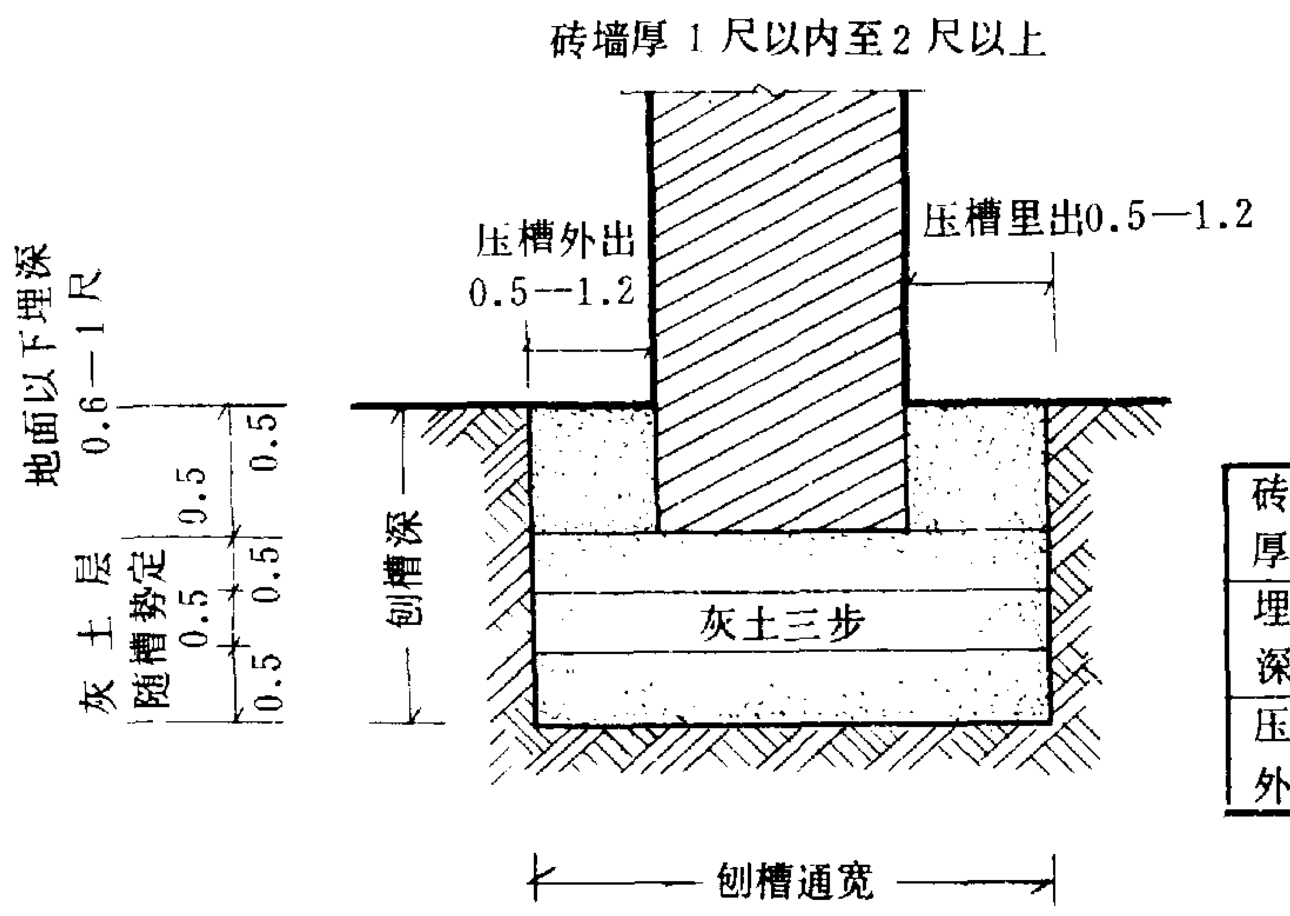
石作制作安装：分做糙、做细、占斧、褊光、对缝安装、灌浆、摆滚子（木滚子）叫号、拽运、抬石等项工序。定额使用工料、大件整料升高起重、归位（原拆原装）按斤称重量分别计工。石工用料分旱白玉石、青白石、青砂石、豆渣石、虎皮石，材质不同，作工也有出入。宫殿建筑以旱白玉、青白石为多，城脚、路面用豆渣石，园林墙垣或用虎皮石或各色片石镶砌贴面。台基压面石，大式建筑采用合间安装方法，即按每间檐柱中缝中到中分间安装，用整料制作，头缝对柱础中，四角转角整块石料凿成曲尺转角，称为好头石（角头石）。这种办法非长料不能办到，费料费工，但也有其有利的一面，一来减少头缝，整齐一致，二来柱础压面，或有沉陷走闪，修复时不致互有牵涉影响。当然，不是一般民间建筑力所能及的。

六 瓦 作

瓦作分大式、小式两种做法，原编举例歇山、硬山各项瓦作做法属于大式建筑做法，硬山、悬山例属于小式做法，所定规矩尺寸都是按五檩前山廊山柱式大木做法例而定的，间架平面布局只开列明间面阔与通进深尺寸，次梢间临时酌定，通进深连廊步匀分四步架，梁架采用五架落金做法，两山用山柱穿梁做法。檐柱定高按0.8明间面阔，出檐长（上檐平出长）0.3檐柱高，下出（台明回水）0.8出檐长，两山山出1.5檐柱径。举架高，檐步五举，脊步七举。大小式做法定分标准基本相同，属于瓦作各项工程基本上都是根

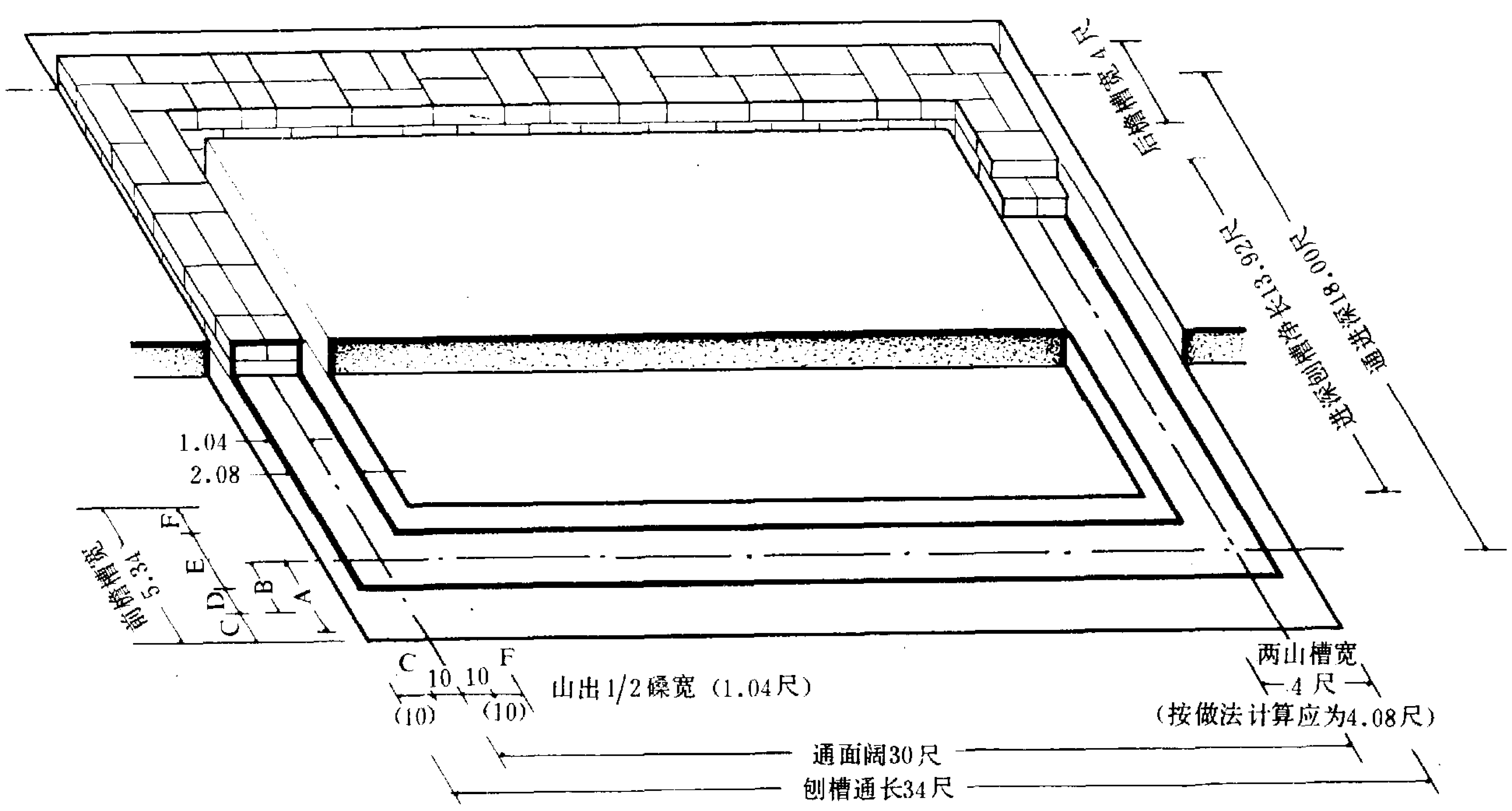


A．檐柱径1尺　F．槛垫石
B．金柱径1.2尺　G．地面砖
C．阶条石　H．砖掏砌栏土（与柱础下磉墩同宽）
D．斗板石　I．砖掏砌栏土（与金柱下磉墩同宽）
E．土衬石　J．素土填厢（步厚0.7尺）



砖墙厚度	1尺以内	1尺5寸以内	2尺以内	其余
埋头深度	四、五檩 0.6尺	六、七檩 0.8尺	九檩 1尺	
压槽里外出宽度	各0.5尺	各0.8尺	各1尺	各1.2尺

图15-5-11（1）刨槽与台基砖石基础（单位：营造尺）



A．上出檐2.88尺　D．包砌台阶分位
B．回水（下檐出）2.30尺　E．砖磉宽2.08尺
C．压槽外出1尺　F．压槽里出1尺

图15-5-11 （2）土作刨槽示意图

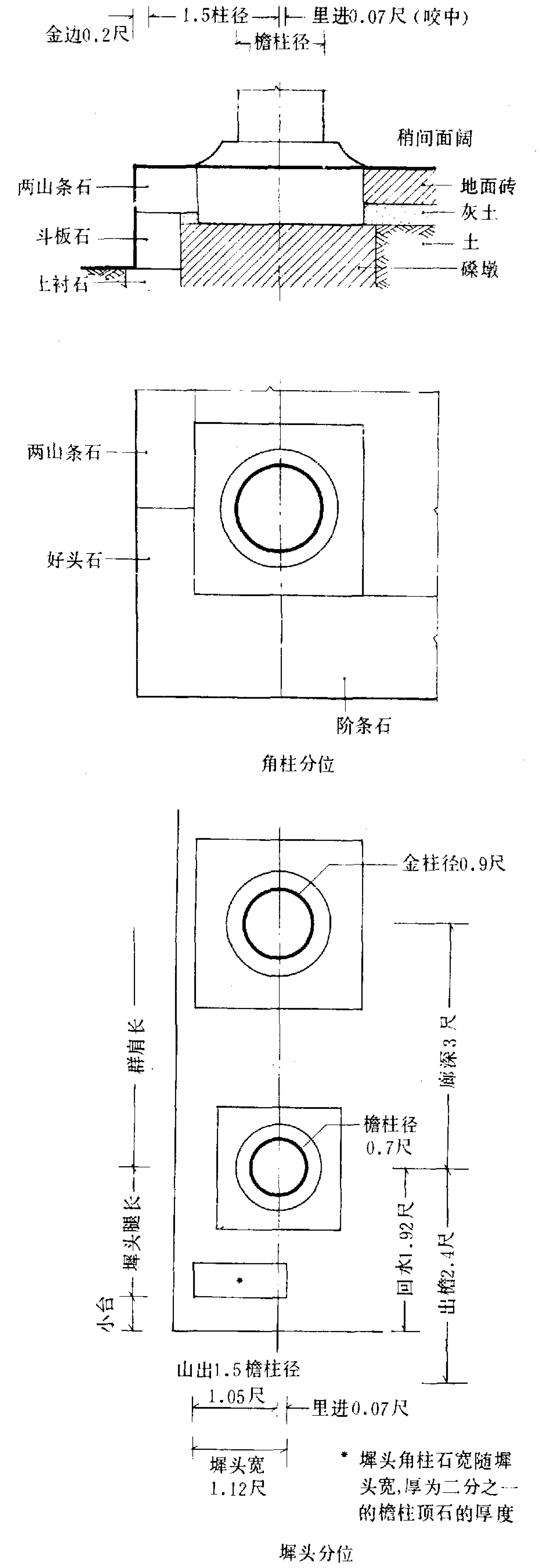


图15-5-11 （3）瓦作砌墙山出里进定分法（单位：营造尺）

据大木间架这些规定标准来进行设计的。大体分为：（1）砌砖基础，（2）砌砖墙，（3）屋顶苫背铺瓦，（4）墁砖地面，（5）墙垣抹饰，刷浆以及调制灰泥浆，砍磨细砖，雕砖和工前的抄平放线工作。

（1）砌砖基础：房屋底座、台基部分的砖工。台基做法，大小高矮随房屋体制而定，大式庑殿或歇山周围廊做法，随四围檐柱中心至台基边缘的距离即台明宽度，称为下檐出，或简称下出，定分标准按上檐平出长80％定宽（《营造算例》歇山周围廊做法按75％上出檐长），比上檐出退进20％，称为回水，避免檐头雨水溅落台明上面，

台明四围铺墁砖散水，用以疏散檐宇滴水。台基通体大小随房座通面阔加两山台明宽度即台基通长，通进深加前后檐台明宽度即其通宽。悬山、硬山房座，前后出廊子，两山砌砖墙做法，前后檐台明定宽分数同上；两山台明宽则按1.5檐柱径定分（《营造算例》瓦作按2柱径定，石作、硬山房按1.8山柱径，挑山房按0.9下出定，互有出入），称为山出。如后檐不出廊，砌后檐墙的，下出同山出。小式建筑，下檐出、山出分数与大式建筑基本相仿。瓦木工通常说的："瓦匠用二，木匠用三"，就是指上檐平出和下出回水定分分数而言的，二是指20%的回水，三是指30%的上出分数的概括说法。所以瓦工包砌台明时，问明木工上出檐尺寸和檐柱径寸，前后檐按上出檐减去二成，两山按檐柱中向外加出一个半柱径，即台基四围边缘分位，通称为山出檐进，记住口诀，基本不致有很大出入。

台基通身高度分上下两部分，露明地皮以上的称为台明高，埋在地下那一部分为埋深，合称台通，即台基通高，也是房座通体基础应有的高度。房身内部石础下砌砖磉、拦土墙等都以此为标准定其高低。台基定高方法，分两步计算，台明高一般以檐柱高度为准，折取成数，本例大式做法，台明定高一尺（小式未注明），折合12.5%柱高。见于原编石作大式做法的，高一尺二寸，合15%柱高；小式做法高八寸。《营造算例》瓦作大、小式，台明高度按15%檐柱高（60斗口）定分（9斗口），房式大的则按两倍檐柱径（6斗口）九扣（10.8斗口）。石作台明定高又按20%柱高（合12斗口）；歇山带斗科石须弥座做法，则按须弥座台面至要头（蚂蚱头）下皮高（即台面至挑尖梁下皮高）25%定分；方亭带斗科，又按台面至柁下皮高11.5%定高，说法不一。埋深深度，本例大式做法规定，按房屋使用檩数多少分别定为六寸、八寸、一尺等三种尺寸；小式做法分四寸、六寸两种，即埋深由最浅四寸至最深一尺不等。《营造算例》石作大式又有按台明高折半之说。总之，可以说明台基定高方法都是依据檐柱高度而来，随建筑不同体制而有高低之差，而且小式建筑都比大式的有所降低，反映着等差关系的严格性。

台基通体做法，自台明檐柱中线以里，所有檐金柱木石础以下都砌有砖磉墩，下底与台明埋深砖下皮取平，大小随石础四围加宽二寸（小式一寸五分）称为金边；随砖磉纵横空档掐砌砖墙，称为拦土墙，或简称拦土，与四围台明包砌砖联结一起形成一个砖砌体。砖磉是房屋间架柱木的基础，台明包砌砖则是通体台座的外围界墙，表面乾摆细砖，背里糙砖，称为包砌台明。砖磉、拦土都用糙砖码砌，统属于瓦作基础工程。其余空处则用素土或灰土逐步填实，土作称为填厢。台座所有砖砌体下面都有灰土垫层，用小夯灰土分步夯筑，每步实厚五寸，夯筑最少一步，多至一、二十步不等，或者整个台座垫层满筑灰土，称为"满堂红"做法，多用在宫殿大座，属于土功专业。台明边缘四角安装阶条石，角柱和柱础，踏跺各项石活，或者石须弥座做法，统属于基础

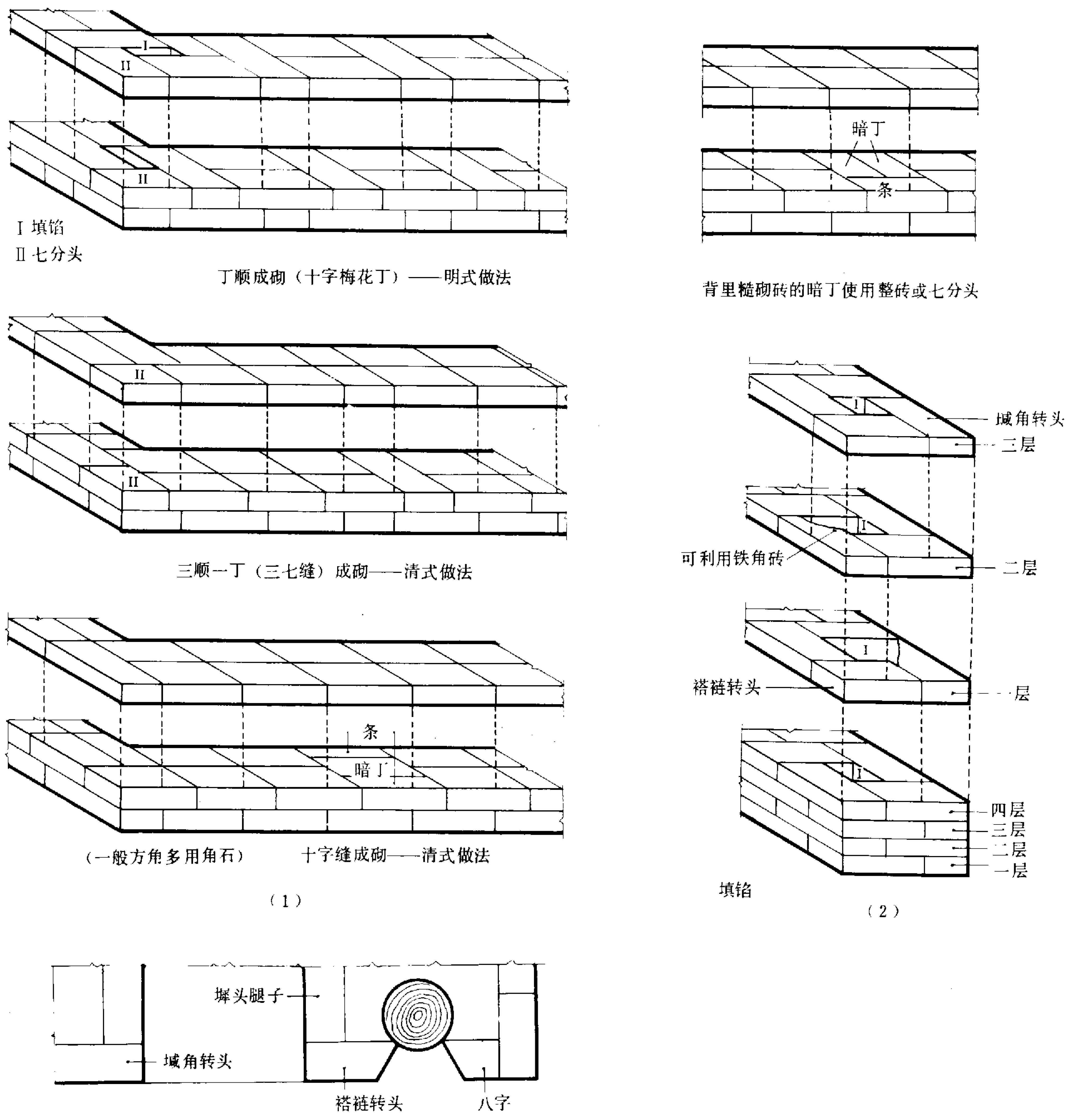


图15-5-12 瓦作砖墙干摆砌法

（1）砌砖墙；（2）墀头腿子（砖半）；（3）北京故宫坤宁宫周庑廊门筒子下肩

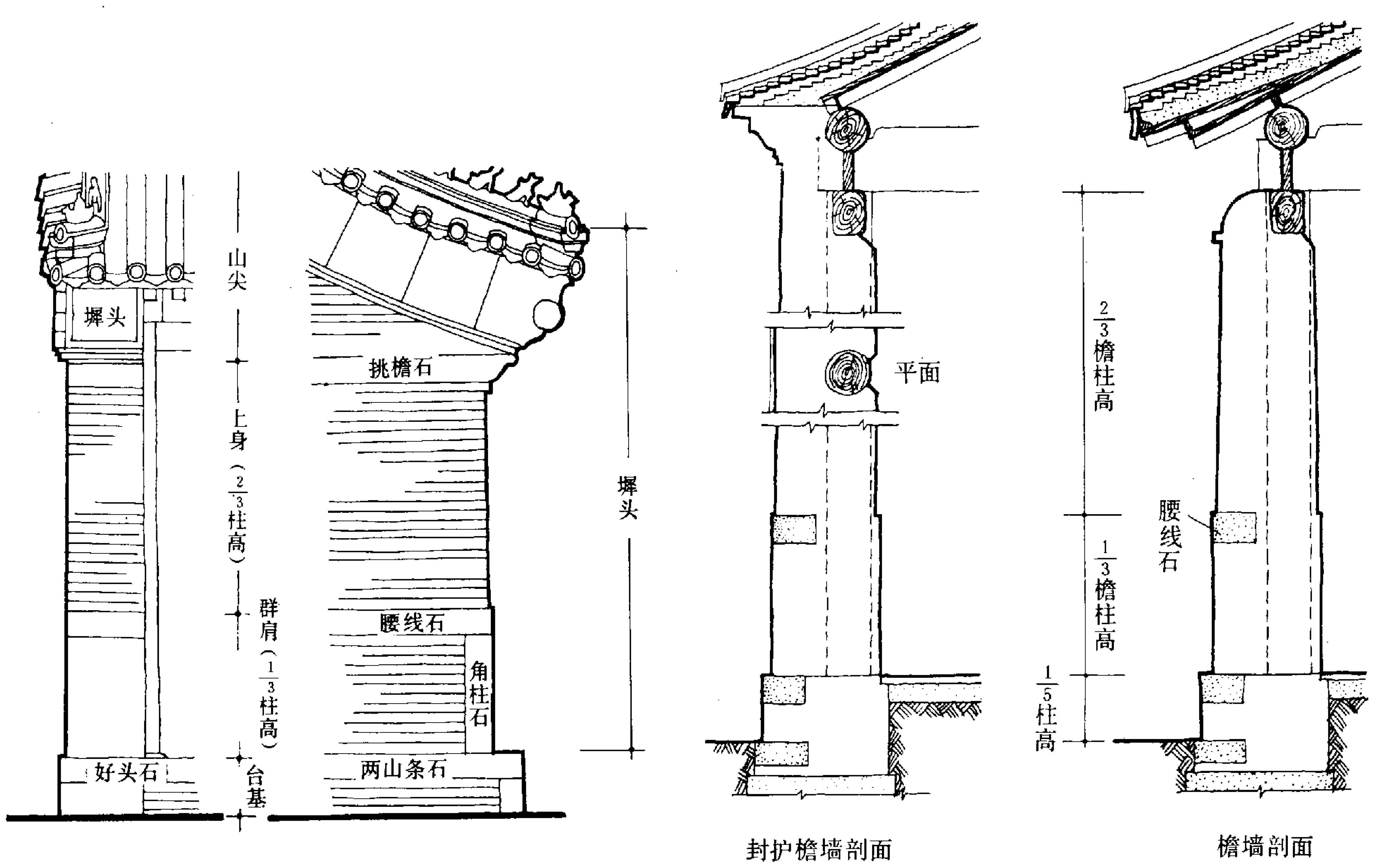
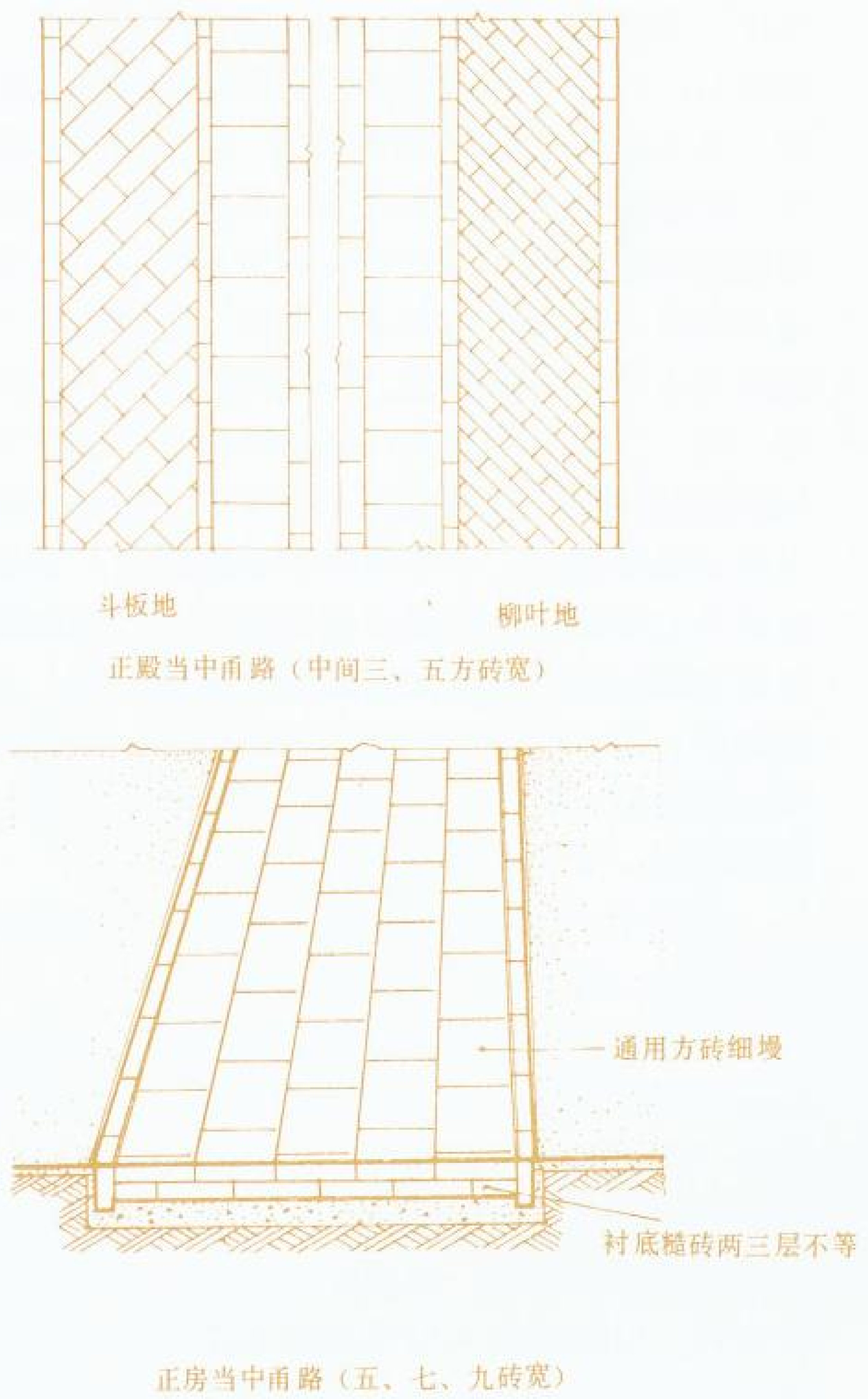


图15-5-13 （1）硬山墙做法 （2）后檐墙示意



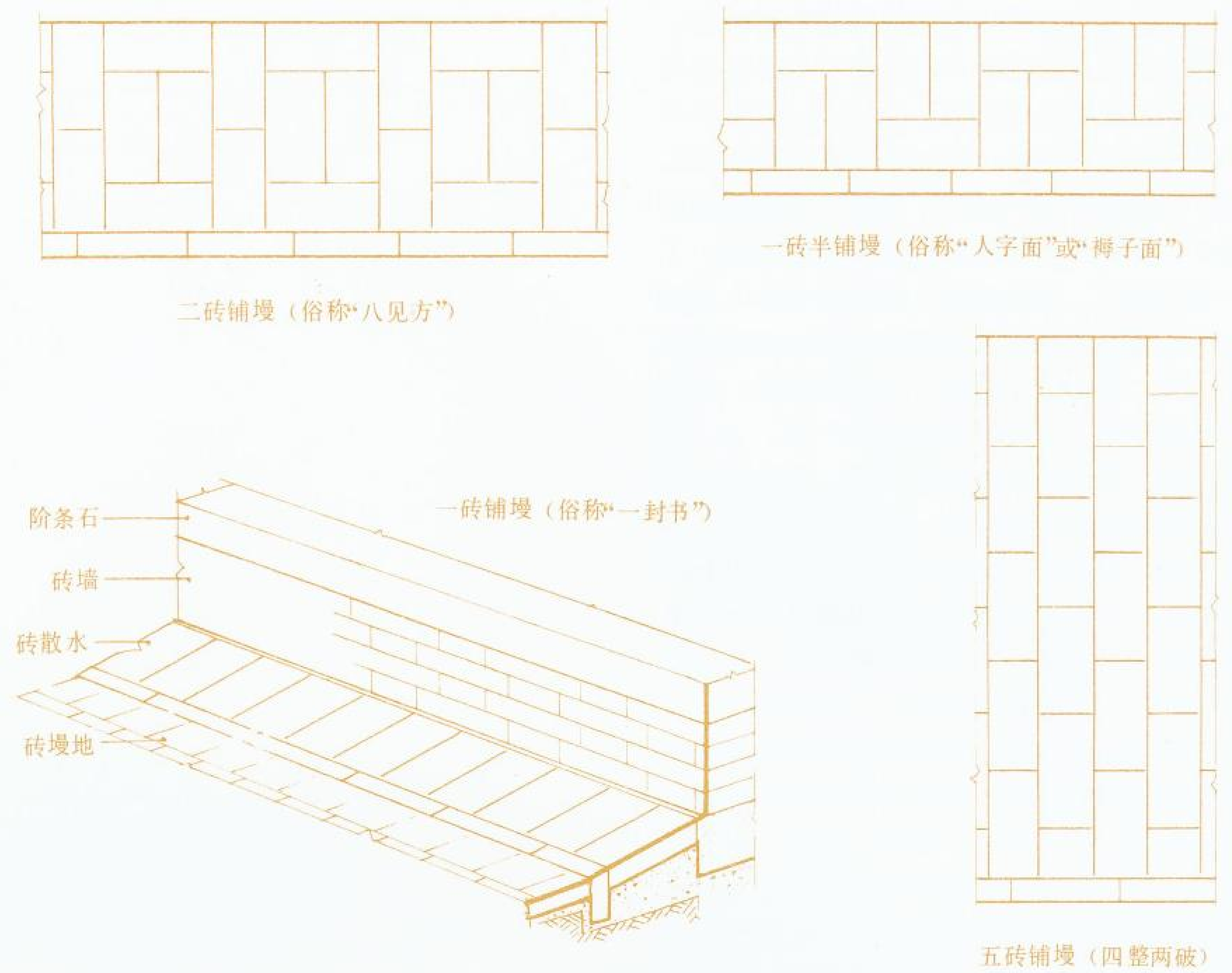


图15-5-14 （1）砖墁甬路地面

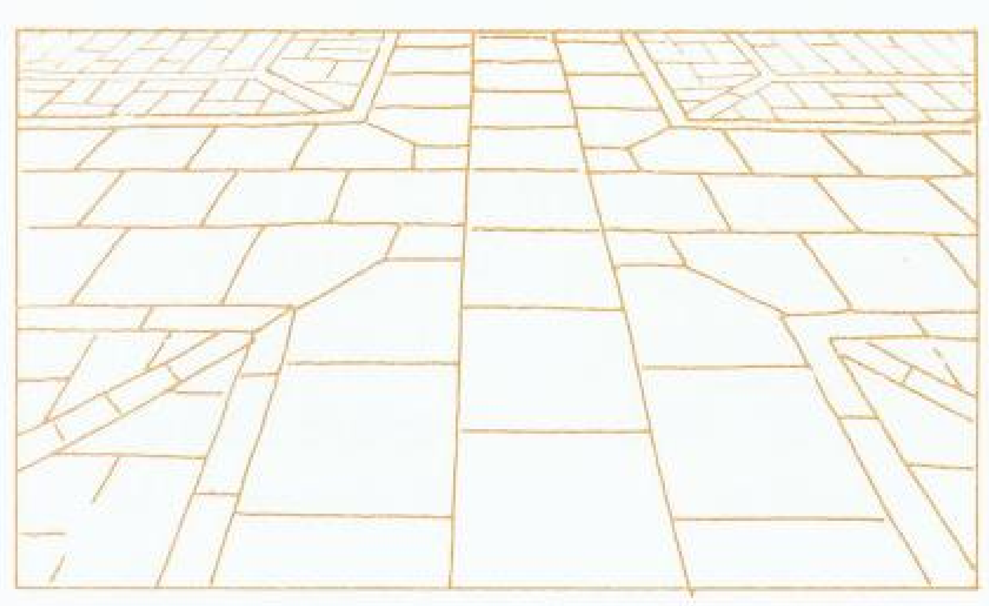


图15-5-14 （2）砖墁甬路筛子底做法

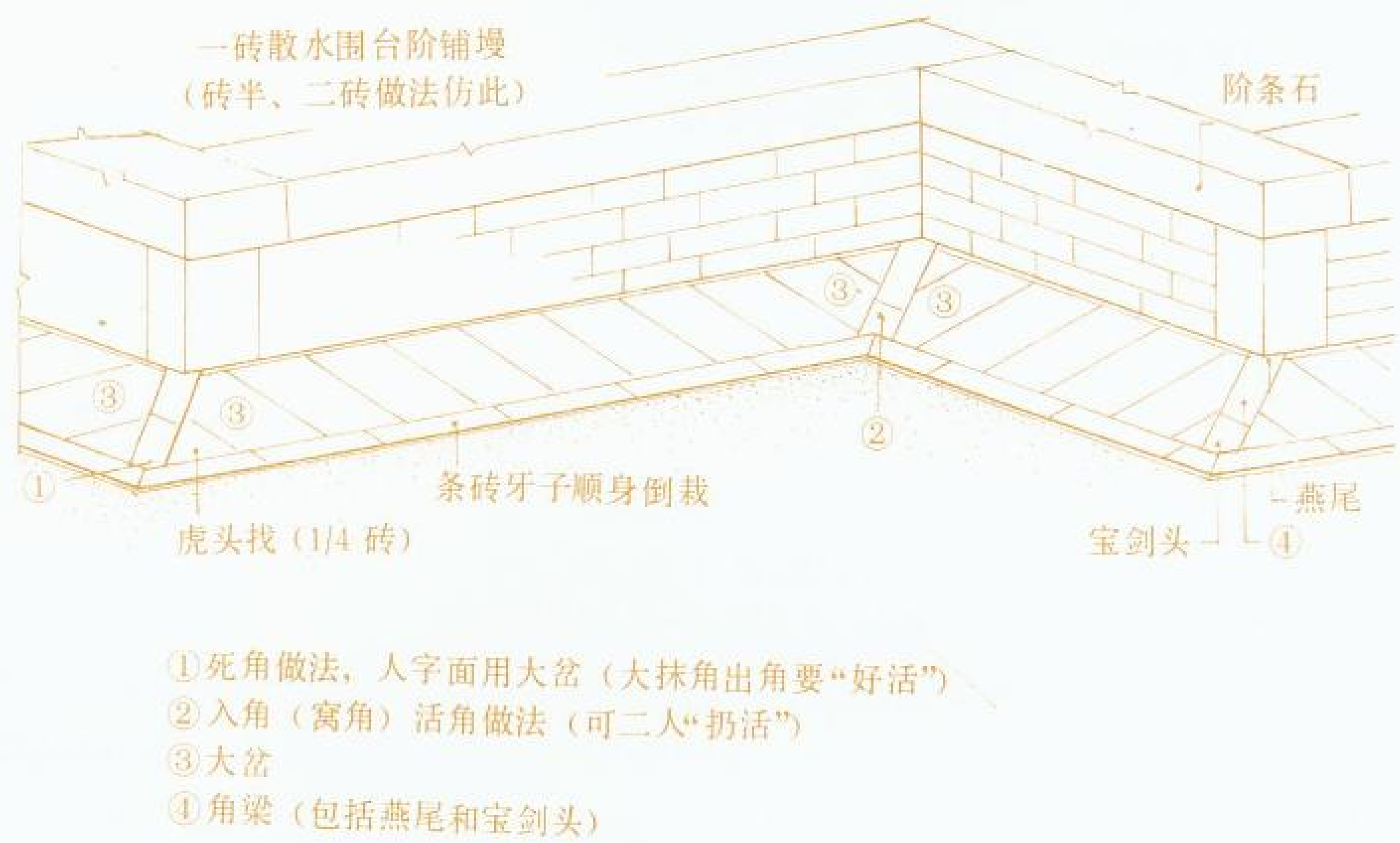


图15-5-14 （3）砖散水(台基或墙脚用)—— 北京故宫建筑通行的几种做法实例

工程范围，分工归石作（图 15-5-11）。

（2）砌砖墙：房座内外墙垣工程随屋盖形制和所在位置各有定称，具体做法也各有区别，大致可分为山墙，前、后檐墙，封护檐墙，廊墙，槛墙，室内隔断墙，扇面墙等（图 15-5-12）。一般在外观上自下而上分为群肩（或称下肩）、墙身与上顶墙肩三段。下肩通用乾摆细砖做法；墙身乾摆细砖或捣白（甄白）或灰四缝一色清水墙，或通身糙砖砌，或用土坯或碎砖砌，表面用灰抹饰、刷浆，通称混水墙；墙肩内里砌砖，表面抹饰。砌墙砖料，官工做法使用城砖、滚子砖或斧刃砖，砌筑灰浆用纯石灰浆或搀灰泥浆，随大小式做法要求而定。砌墙工程大体相同，以硬、悬山砌山墙为例，扼要说明其定分方法。

①两山山墙。随大小式建筑硬山与悬山房分别墀头搏风与五花成造两种做法。

②硬山房，山墙上部山尖（三角形部分）随房顶前后坡形势呈三角形，前后檐头部位做墀头，随山锒砌砖搏风板。下面群肩通长随房屋通进深定分，高按三分之一檐柱高，厚度按二柱径加里进二寸定厚（自柱中向外一个半柱径，向里半柱径加二寸，小式做法里进一寸五分）。墙上身长随群肩，高与山尖分两步定分，上身高以前后檐柱高为准，除去群肩高度，上至前后檐屋盖望板上皮，即上身分位高。山尖部分是三角形，山尖中高以山柱高为准，加至屋脊望板上皮，减去下面墙身和群肩高，即山尖部分中高（斜长随房屋通深逐步加举核算）乘以房屋通深、折半，即两山山尖部分的面积。墙身里外面都有收分，按 1 % 身高定收分，群肩上下通直，不收分（图 15-5-13）。

③悬山房山墙，上身采用五花成造或前后通平做法，挑山山墙或有随屋坡形势一直砌到各步檩下如硬山山尖做法。五花山墙上顶如五山，分别按前后步架定高，檐金步随檐金柱高，减去群肩和墙肩分位即上身高度。群肩、墙身长高厚、墙身收分，均与硬山山墙定分方法相同。墙肩以上随各步架空档用砖点砌山花象眼（象限）。

④硬山墙墀头做法。两山墙自前后檐柱中以外的尽头部分称为墀头，通高分为群肩、墀头身和上部向外探出的墀头梢子三部分，实际就是山墙的两端尽头，通常也叫墀头腿子。下部群肩，上身高均随山墙，通身厚度为一个半柱径加里进 0.1 柱径（通常加七寸至一寸）。即外侧随山墙一致，里侧由柱中往里增加十分之一柱径，称为里进，工匠通称咬中。墀头腿子上梢至檐宇以下逐层向外探出部分即所谓墀头梢子，是瓦作花匠雕砖一项重要内容。包括所用盘头砖、枭混砖、戗檐砖和挑檐砖等，都由砍凿匠加工制作。民间宅舍常有增加各种花饰做法，由花匠雕做，官工正规做法多采用素平面，不加雕饰。梢子做法，分大、中、小三才三种规格，各有一定尺寸。

⑤两山前后坡随山尖举势安砌砖搏风板，通常按房屋进深及出檐长加举定分，小三才做法，

线混（托山混、半混）搏风砖用停泥滚子砖砍做，或尺二方砖开做，或用滚子砖陟砌（用卧砖的称为散装搏风，用于小式建筑）。中三才搏风用尺二料半或尺四方砖整做；大三才用尺七方砖砍做。搏风用砖与戗檐砖基本相同，安装时必须随屋顶坡势圜和一致，事先样活摆验规矩才能安装，工匠称为“熨搏风”，如同用熨斗熨贴的意思，说明慎重从事的态度。沿搏风上缘随垂脊外侧横向铺句滴瓦一排，称为排山句滴，或玲珑排山；或无垂脊，铺边陇瓦，下面只用披水砖一层，与《营造法式》两山“剪边”方法有所不同。以上这些做法，都是利用砖瓦本身形体，稍加雕作改装，增添了两山的美观形象。类似这种朴素的艺术加工表现在砖瓦工程方面的很多，如砌砖之分十字缝（顺砖到顶）、三七缝（三顺或五顺一丁，上下皮错缝1/4砖长，三七取其成数）、十字梅花丁（丁顺城砌）（图15-5-14）；海墁地面用城砖或陡板砖平铺或仄墁（柳叶地），瓦工形容为平地砌墙。台明四围散水，宽一砖长，形如一顺水，俗称为“一封书”，宽一砖半长组成“入字面”（或称褥子面），宽两砖长组成“八见方”（甚至有宽三、四砖长的，如室内方砖地用半砖掉头错缝办法），总以檐头滴水落到散水中腰为度。其他如十字甬道（或丁字）方砖坐中，四角割角组成“筛子底”、“海棠瓣”等小式做法，足见匠心。大式做法一般通用方砖、半砖掉头错缝铺墁方法，尽量避免打砖，少用奇巧形式。园林偶用片石裁成冰裂文贴面铺地，小号筒板瓦摆各种花样漏窗花墙，雕砖、瓦片嵌铺石子路面，宫殿庭院极少这种做法（图15-5-15）。

⑥有关屋顶苫背、铺瓦各项做法，都是随着各种大小式建筑的屋顶形势按实际情况丈量尺寸，核算备料（图15-5-16）。望板以上铺瓦灰泥垫层，称为苫背，使用纯白灰浆或三七、四六掺灰泥衬底，青麻刀灰抹面，赶光研亮，又叫青灰背。苫背以上铺瓦、调脊，宫殿铺黄琉璃瓦或绿琉璃瓦，按使用性质而定。琉璃瓦片脊料自明代以来规定为十种型号，称为“样”。一样、十样不常用，故宫太和殿最大，脊瓦料用二样的。正脊两头大吻规定按檐柱每高一丈、吻高四尺，正脊、垂脊、戗脊、围脊等，各有一定规格。檐角所用走兽、仙人之类，走兽由三、五、七、九件不等，九件的体制最高，太和殿走九以外又加“行什”一件，连仙人共十一件，是一种特例。走兽排列顺序，自龙、凤、狮子、海马、天马、押鱼、狻猊、獬豸、斗牛之类，大致与《营造法式》规定相仿，用数少的依次减省。《营造法式》用瓦条垒脊，明清改用成型脊筒子，自当沟瓦、押档条以上有黄道、群涩、赤脚通脊、扣脊瓦等分件组成一条大脊（垂、戗脊各有相应名件），两头安正吻（俗称大吻），垂戗脊尽端的称为兽，形状与吻不同。次要房屋大脊、垂脊等安兽，不许用吻（图15-5-17）。瓦件、花墙琉璃砖、贴面琉璃砖等，都由官琉璃窑事先按要求规格数量烧造，施工时窑厂派工查点检修补配，与瓦作分工负责。铺瓦具体做法见下文。关于墙面抹饰、刷浆工程、灰泥浆调制方法，《工程做法》只开列物料、工限名例

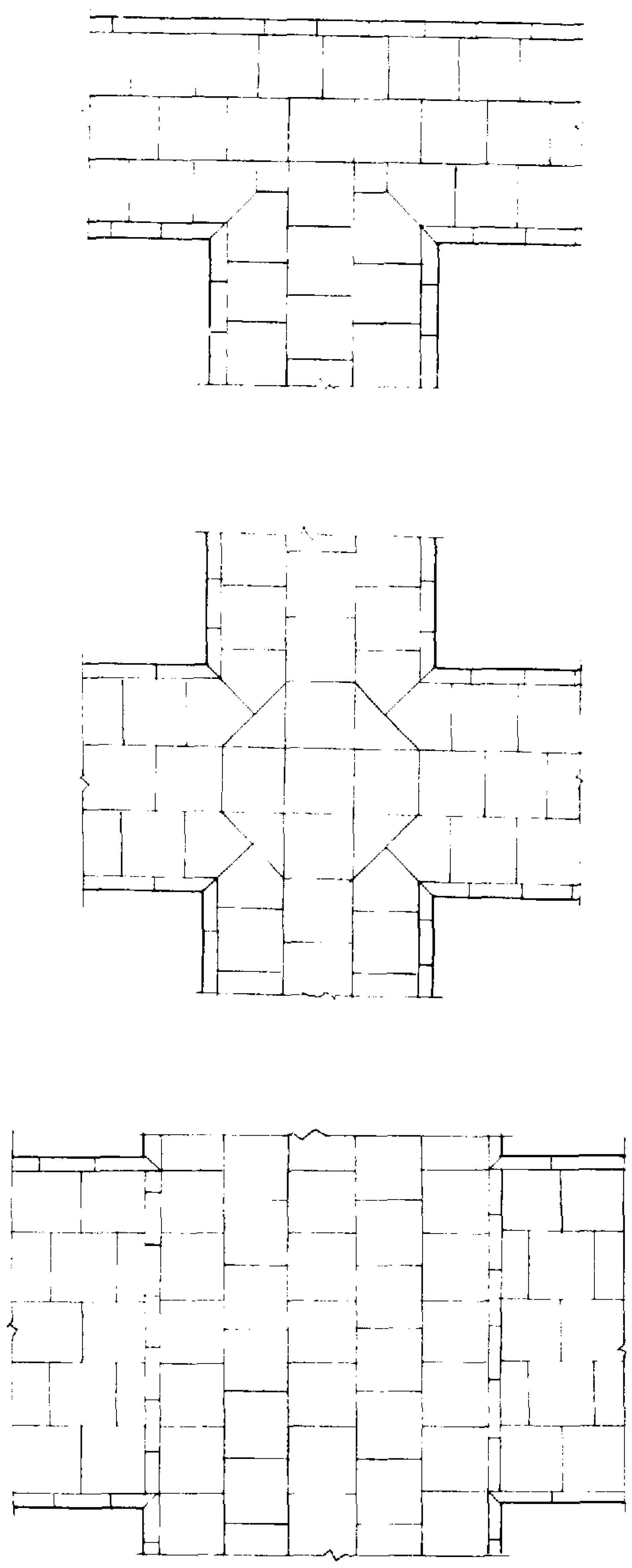


图15-5-15　甬道铺法

数量，没有具体做法，这种工程主要从备料估工角度提出要求，按方验活，与设计规矩定分关系不大，故而从略。

古建瓦工技术具有悠久的发展历史，《工程做法》沿承前代经验成法编成条例用为建筑设计依据，对于施工具体细节删繁就简，多有未备。工匠世守其业，师傅亲验，类多切实可行，足以补充官书的不足。兹就砌砖墙与调制灰泥浆，屋顶铺瓦，铺墁砖地面扼要说明于下：

（1）砌砖墙：垒砌方法主要分乾摆、缝子、捣白、糙砌及碎砖砌五种做法。除砌碎砖一项通行于民间修造，官书未列，其余统在官工做法登载。

①乾摆：俗称乾摆细磨，根据所用砖料又分大、小乾摆、沙乾摆三种名目。大乾摆使用城砖，小乾摆用停泥滚子砖，沙乾摆用沙滚子砖。用砖不同，质量要求也不同，城砖、停泥砍磨五面（俗称五剥皮），沙滚砖磨两面砍三面，都是采取乾摆灌浆方法垒砌，先乾摆，后灌浆，因为砖经过加工以后，前后口大小微有差别（后口比表面四围小二三分，称为包掩——读如含）。砖摆好后，前口缝对缝，表面平整一致，后口留有空隙，须用石头片垫平，称为石山，然后灌浆，用石灰浆或桃花浆（白灰搀和黄土），官做法白灰浆搀少量糯米汁，每摆砌一层灌浆一次，浆要饱满严实。灌好浆后，抹馅一层（墙身里面用糙砖或半头砖填砌，称为填馅），第一层摆砌好，往上逐层这样做法。乾摆砖墙表面严丝合缝，不露灰口，身里四围包掩都是用油灰（白面和桐油）抹口。老做法也有用黄米抹口的，防备砖砌高了把两块砖之间的棱角压裂，影响质量。细砖乾摆方法，通常采用一顺一丁（丁顺成砌，俗称梅花丁）和十字缝（通身顺砖砌法）两种砌法。十字缝一般用在墙身下肩或槛墙部位。十字缝砌法通趟顺砖，表面看起来不太牢固，其实用里仍有暗丁，用以加强与背后空隙用整砖填砌成填馅糙砖连接一起，里外皮拉在一起，外表墙面仍然通顺形式。具体做法有三顺使用一暗丁，有五顺使用一暗丁，看墙身薄厚而定。暗丁使用整砖或七分头。

②缝子：《工程做法》称为灰四缝。具体做法又分四缝、沙子缝、线道灰三种。

四缝：同样使用五剥皮的整砖或条砖砌，乾摆表面不露灰缝，缝子四围露灰缝。立卧缝要求整齐一致，使用老浆灰砌，逐层灌白灰浆或桃花浆，抹馅改用大麻刀灰抹一层，杀趟、用磨石将砖面凸棱部分磨平，再接砌上一层。全部砌完后漫水活，用细砖蘸水将全部墙面揭磨光平，最后耕（耕缝子、勾抿砖缝）用竹板把横竖缝子耕出来。

沙缝子：用砖和沙乾摆砖相同，砌法同缝子活。

线道灰：与上述两种稍有不同，用在墙面的升分大，圆体建筑如北海团城砌法，砖的前口用老浆灰砌看缝，后口背石山，其余同缝子做法。

③砌碎砖墙：也叫碎砖压泥，是北京瓦工一种特殊技术。北京经过几个历史朝代变迁，拆建翻修，碎砖瓦砾是多的，劳动人民利用起来修盖房舍，日久形成一种做法。传统做法是墙身两面砌碎砖，中间填馅，有的逐层灌桃花浆，有的每砌五层一灌。用掺灰泥砌（生石灰六成，黄土四成，细房渣二成）。北京有些老房这样做的很多。另外一种做法叫“四角硬”，以山墙为例，墙角和下肩用整砖砌，外表美观，质量也有保证，比全用碎砖要坚固，所以又叫“金镶玉”，官工做法也经常使用（省工省料）。碎砖墙看似简单，没有熟练技术也不容易做好。碎砖墙一般表面都用灰抹饰，做工规矩的可保持数十年不致倒塌。砌碎砖做法和砌整砖一样，使线方法相同，每块砖都是上跟绳（线）下跟棱，一层砖一层泥，泥也就是砌整砖的灰口，厚度不得超过一寸，背里填馅也要一层一层的填，不能乱填。选砖时，一层使用半头砖，一层使条头，隔层相间垒砌，不论什么样的砖，一律卧着用（卧砖），不能立着用，更不允许斜着放。这样砌法才符合质量要求，即使墙面不用抹饰，看起来也是规矩整齐的。

（2）灰浆调制方法与用途：灰塘是古建瓦作施工作业重要的一环，瓦工砌筑，抹饰所用各种灰、泥浆统由灰塘负责供应。明清官工瓦作使用灰、浆以石灰为主，兼以青灰、红土、黄土配合成各种色灰、色浆。石灰、青灰产在北京西山一带，设有官窑专门烧造采挖。工地所用石灰一般

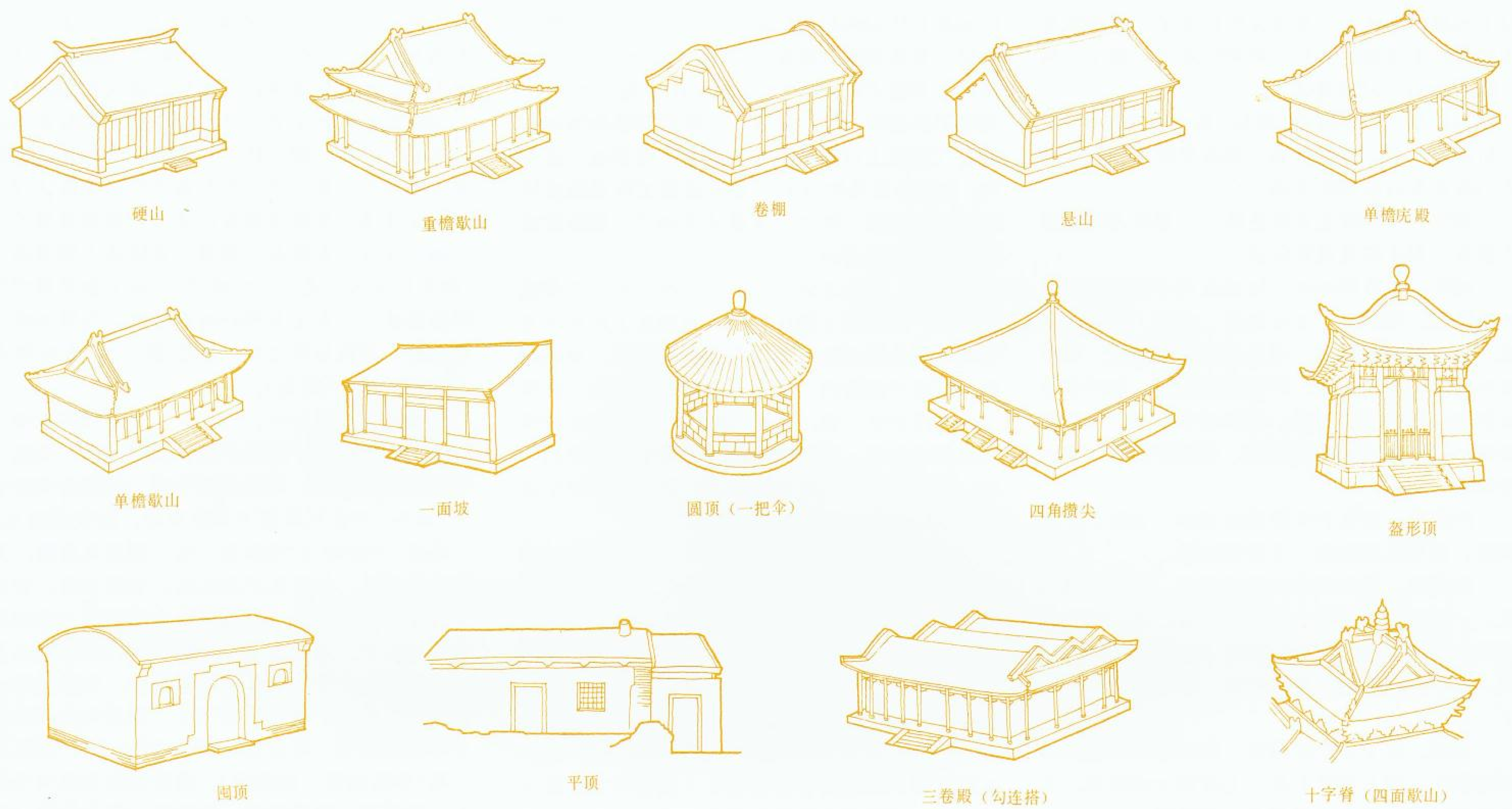


图15-5-16 屋顶形式图

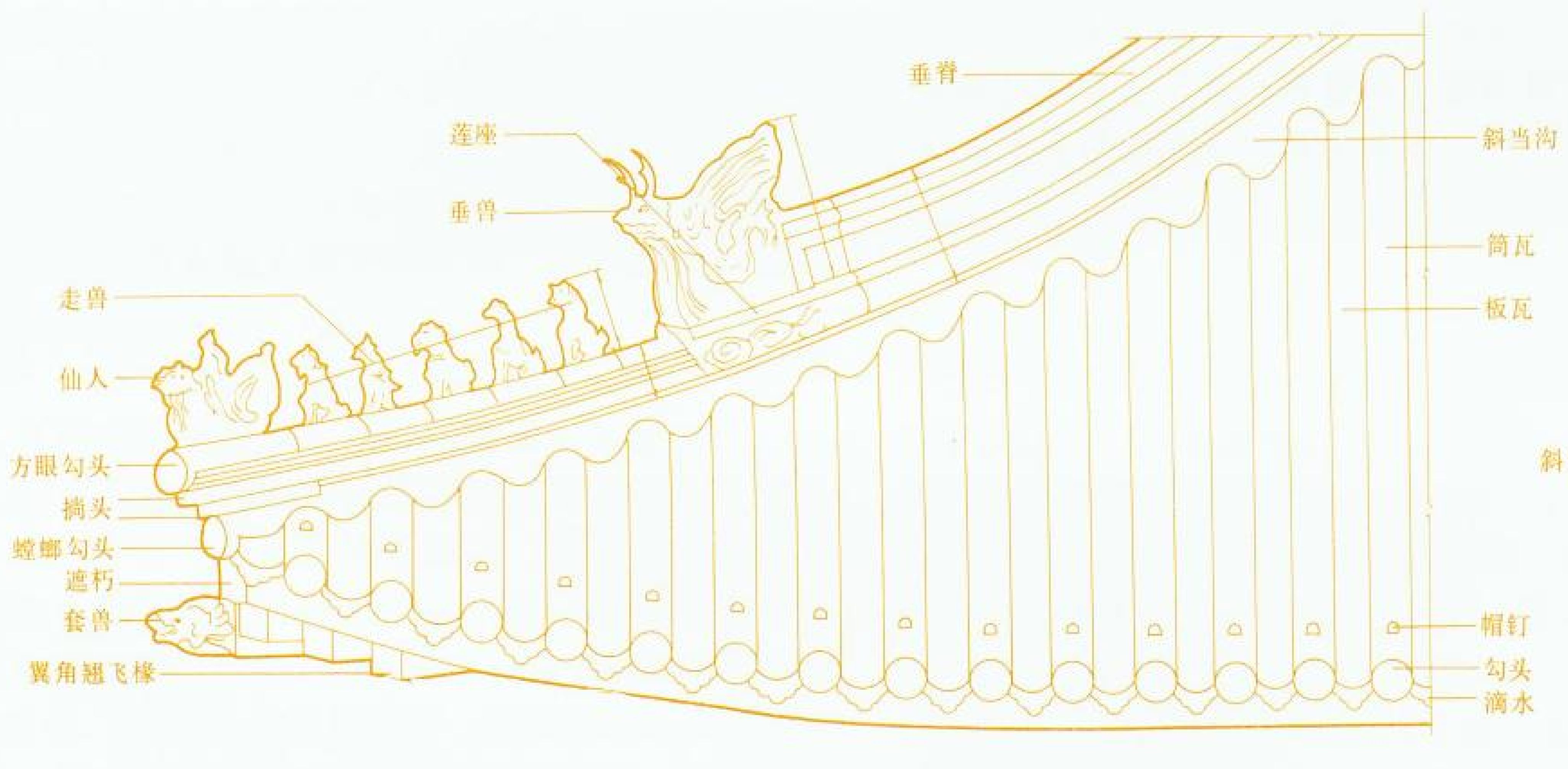


图15-5-17 （1）庑殿琉璃瓦顶局部

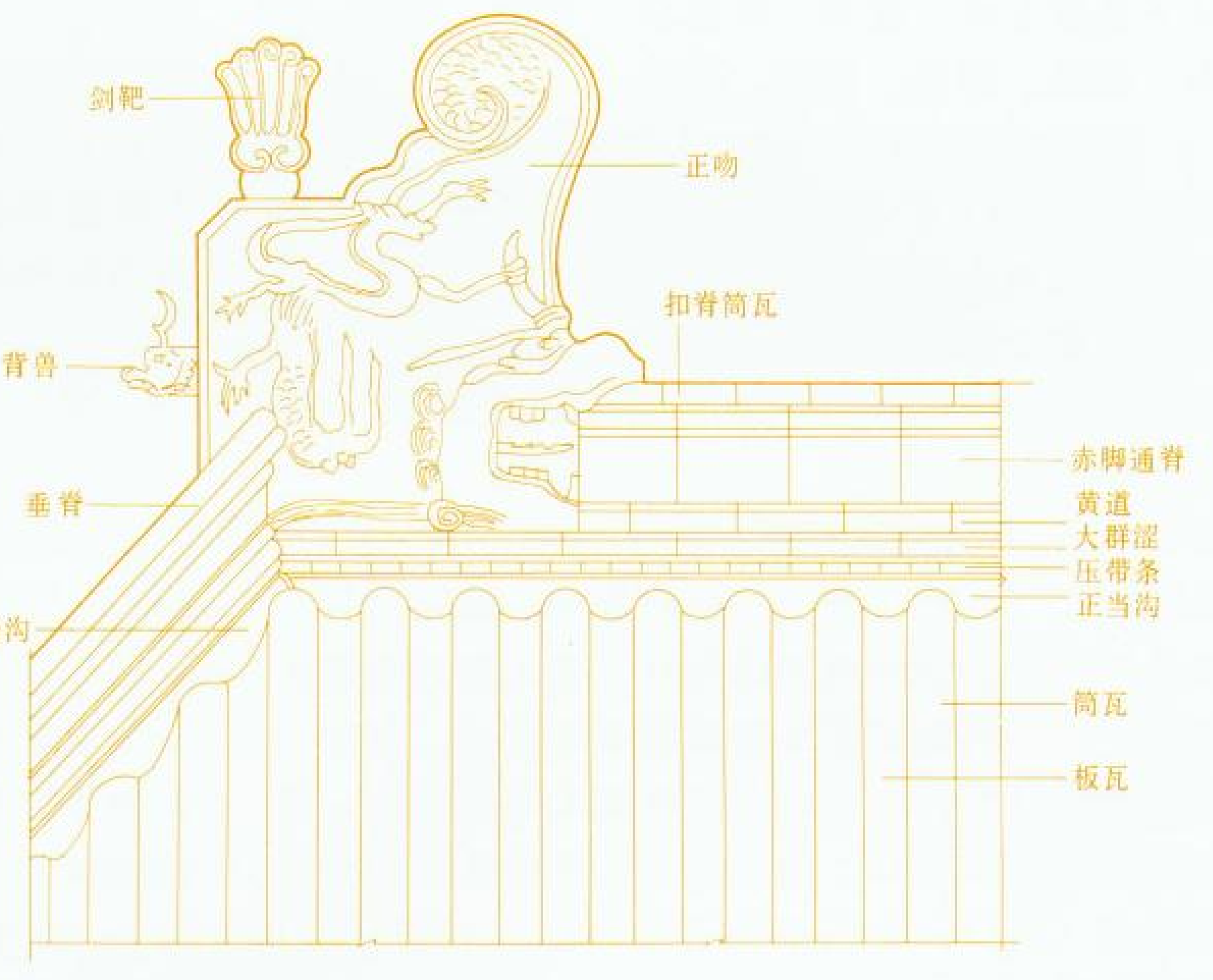


图15-5-17 （2）庑殿琉璃瓦顶大样

都是经过加工的熟石灰，生石灰加工分泼灰、煮灰两种方法。

①泼灰：俗称泼浆灰，分泼烧灰、泼落灰两种。

泼烧灰，先将块石灰铺在地上一层，用桶泼水，将灰泼成粉面，泼一层堆一层，最后堆成大堆，称为捂着，经过三、四天，所有未经泼到的小块灰都捂开了，成了粉面，用筛子将灰石渣子筛净，留备浆灰使用。浆灰时，用水浆或用青灰浆浆，先把筛过的石灰面铺一层，约半尺厚，泼上一层浆，用时切着用。泼浆灰用水量少，微小颗粒有一定吸水作用，主要用于砌墙、铺瓦、抹饰打底子、抹青灰背等工程，因为比较粗糙，不适于表面抹饰。

泼落灰，工序同上，泼灰时用水量较大，过筛用细目筛子。用于表面抹饰工程。

②煮浆灰：传说在北京使用年限不太远，拆除老房座也没发现过这种做法。从现在用于抹面或一些细致活看来，比泼灰效果要好。外省地方有挖窖淋灰办法，可以储存一二年后使用，白净细腻，大概仍属老传统办法。煮浆灰分白灰、月白灰、老浆灰、葡萄灰数种。现场煮灰必有灰锅、灰池子，灰锅用砖砌成，方或圆形，大小看煮灰多少而定，灰锅前面就地挖灰池子，大小深浅看灰量定。煮灰时先在锅内放水，然后放石灰块，开锅后用铁铣搅匀，将上半锅灰浆放到灰池，下半锅所留灰渣子用铁笊篱清出，再放块灰煮第二锅，直到放满池子为止，即为白灰浆膏。月白灰浆，水内加青灰，颜色深浅酌定，煮灰方法同上。老浆灰以青灰为主，白灰为辅，七成青灰、三成白灰为宜，放白灰时一定即时搅匀，以免老浆灰内出现白点。葡萄灰，即红色煮浆灰，不用红土子，用霞土（次红土子），煮法同上。

煮浆灰用样同于砌活抹活，灰内掺麻刀即为麻刀灰，或者直接用素灰。

麻刀灰：有大麻刀灰、小麻刀灰之分，是按

所掺麻刀长短多少而说的，前者掺麻刀多而长，用于外檐防雨或内外檐墙抹饰打底子。这种灰能抹的厚，不出裂缝；后一种用短麻刀，量少，用于抹饰面层，只能薄抹。

老浆灰：用于砌墙、铺瓦，浆内含青灰量大，干后油光乌亮，粘结性强，质地坚硬，拆旧活时砖与砖的灰口砍都砍不动。

素灰：可以掺兑各种色料，不用麻刀所以称为素灰，用于砌筑或粘砖活。

油灰：分软硬两种，软油灰用于墁砖地面，严砖缝用，用桐油、生石灰面、白面、黑烟子和成。硬油灰用于粘结，可以起到防水作用。以前没有水泥，砖活粘结、严缝都用油灰，调料成分比软油灰增加麻刀一项，和灰时不放水，只用桐油和，用木棍子使劲砸磁实，所以称硬灰。也可用以粘石活。

白灰浆：用生石灰块加水调和，去渣子，要浓浆。这种浆有粘性，干后则发脆。

桃花浆：用白灰黄土掺和而成，临时成搅为宜。一般用三七或四六成分，呈粉红色，因称桃花浆，多用于小式做法，墁尺七以下方砖地也通用。这种浆比纯白灰浆有韧性，掺灰少质量就差了。

另外，官工和小式做法，砌砖墙都有使用掺灰泥做法，用石灰黄土按三七或四六成掺和，为了节省材料，官工主要用在一般房座。

（3）屋顶铺瓦：分琉璃布瓦顶，施工大体分以下几道工序：找中、钉瓦口、号陇、抹尖、排头、挂线、攒角、调脊、铺瓦。

找中、钉瓦口：先找好中线，由瓦工自己钉瓦口，是瓦作第一道关键工序。找中就是按屋顶结构形式找出各部分的中线，以中线为准，分档号陇，便于施工有所依据，避免发生偏差。大式庑殿，歇山房顶铺瓦时分十二道中线，屋顶正中，垂脊中或戗脊根部中，前后坡与两山各分三道，合计十二道。铺瓦分陇以底瓦（板瓦）坐中，不能用盖瓦（筒瓦）坐中。也就是说，盖瓦行陇必须保持双数，由中线两边匀分，底瓦档口必然落在中线上，否则底盖瓦陇档就不匀称了。找中以后按中线钉瓦口，瓦口是安放底瓦开头滴水、近似半月形的木档口，是由木工按照铺瓦行陇要求制作的（瓦口大小按正当沟尺寸定）。钉好瓦口，使线号陇。

号陇：三个人一档，两人将线拉紧放到瓦口上（顺瓦口通长），一人用颜色（带色油漆最好）按盖瓦行陇点数在线上，然后抬到大脊（正脊）部位按线上记号点在灰背上；角的部位应另用一节瓦口按档号陇。

抹尖：号陇以前先将大脊上压线，按线用麻刀青灰抹平，称为抹尖（抹肩）。

排头：按号陇当中先平放板瓦一块（称为枕头瓦），再按档放板瓦三块，名梯子瓦（三块板瓦最上一块是半块瓦，名檀尖板瓦）。前后坡梯子瓦当大脊中缝用麻刀灰抱头，把前后坡的板瓦联接一起，使之更加牢固。放梯子瓦时横着放，一定要着平或两头略有升起，不然成活以后由于视差关系，大脊两头看起来仿佛下垂似的，稍微提起点可以避免这种现象。明代建筑多采取两山瓜柱加高办法（约比平柱高一寸），从大木架即稍有升起。另外在抱头处放瓦卡子（用琉璃坯子烧成，形如小马鞍子），将两坡板瓦联接一起。瓦卡子用麻刀灰稳固，盖瓦陇最上一块则用特制的油瓶嘴瓦（筒瓦上口斜着削平，退进一点刻出一道小沟，为了卡正当沟用的）。排头这道工序是铺琉璃瓦在大脊部位，晚清以来很少采用了。明建紫禁城角楼就存有实例。

挂线：铺瓦之前为了操作有所准则，需要先行挂线，在大脊上横挂一道，在盖瓦上的称为齐头线；檐头挂两道线，勾头线和滴水线，统称檐线。屋坡中间挂线一道至三道，称为棱线，棱线上垂直挂铁丝一根，俗称"吊死鬼"，是铺瓦时屋顶取平的标准，可以随时挪动，每铺一条陇用一次，向上脊部一头钉在脊背上，向下一头拴半块底瓦从檐头垂在檐下。

攒角：未铺瓦之前先攒角，带角的屋顶必须先由四角开始铺起，将底盖瓦铺齐以后再进行调脊。

调脊：分压肩、撞肩两种做法。琉璃瓦顶用压肩做法，把瓦铺好以后再调脊，所以叫压肩。黑活（铺布瓦）是先调脊后铺瓦，所以叫撞肩。压肩头道工序是齐头，把大脊前后坡横压线一道，这道线前后坡的宽窄要按筒子下皮宽窄定，线压好后，把所铺的底盖瓦都要安到线以上为止。按这条线把前后坡当沟砌好，叫捏当沟，用麻刀灰和小瓦片捏砌，前后当沟中间一定要用麻刀灰和碎瓦片填实，不能马虎，因为全部大脊的重量都放在它上面，因此捏当沟这一步很重要。当沟以上按要求逐层安砌各种脊饰件活，大脊筒内填装麻刀灰和碎瓦片，或装木炭。大殿座填炭为了体轻，具有防腐吸水作用保护木脊桩子。

铺瓦

①铺琉璃瓦：开始先放滴子，由滴子往上到三块板瓦通用大麻刀灰铺。放好滴子背线（瓦刀线）往上铺，用白素灰（好块灰和成，不出渣子，放两三月后使用最好）一直铺到脊部和排头瓦接上茬。脊部（即老桩子瓦）铺底瓦时，六样以上瓦要坐白灰浆，屋坡长的在中腰（即相距五六块）要铺抓泥瓦（系板瓦后端带边，铺在泥里以免溜坡），坡再长，要在板瓦口端钉铁钉，钉到望板上。铺底瓦时必须用铺瓦背瓦翅子，板瓦边上使底瓦泥背平。底瓦的密度，以盖瓦（筒瓦）为准，分一筒二（即一筒瓦长，用两块板瓦）、一筒三、二筒五、二筒七（《工程做法》规定以一筒三为准，压七露三或压六露四）。关于铺板瓦，有"稀铺檐头密铺脊"之说。屋顶漏雨大多数都是在脊部和中腰节等处，由于屋顶举折关系，脊步举架最陡，年长日久，这部分的铺瓦难免不有脱节现象，底瓦铺密点，加强和盖瓦的联接，少出毛病。

②黑活做法（铺布瓦，也有叫灰瓦的，对琉璃瓦而言）

调脊：不论大小房，凡起脊的，都是先调脊后铺瓦，与铺琉璃瓦工序正相反。其施工顺序是"排头排底不排盖"。底瓦按号陇记线排砌胎子砖，即当沟位置，胎子砖上边砌瓦条子两道，用板瓦打成条，用素灰压线，砌平后抹花灰（生白灰用青灰浆和成花灰），再砌第二道瓦条。瓦条子以上有两种做法。一种是三砖五瓦做法，圆混砖一层，通天板上又一层圆混砖，圆混与通天板接连处上下用板瓦条做出小直线条，连下面先砌好的两道瓦条合计在内，即三砖五瓦做法，外表形式和预制的脊筒子一样。另一种是圆混与通天板之间不用板瓦线条，叫做平板脊；还有用预制脊筒子，上面扣脊瓦，同筒瓦、圆背，或做成方脊带眉子（扣脊瓦底有一道沟，叫眉子）。以上都是黑活大脊的做法，大脊也有带砖雕花活的，当脊中放二龙戏珠，龙凤呈祥之类，两边放八宝或四季花（花活跨在通天板处）。

铺瓦：布瓦分一、二、三、十号四种规格，具体做法分裹陇、半捉半裹、夹陇捉节。裹陇：铺底瓦时挂瓦脸，与琉璃活不同。挂瓦脸用筛子灰（素灰）在板瓦底面下口抹灰条，抹灰前刷水，一块接一块按瓦刀线砌在一起。铺盖瓦裹陇，只限于小号瓦，大号瓦不用此法。半捉半裹：先夹陇两道，一道泼浆，二道煮浆大麻刀灰，赶光压实后再捉节，筒瓦有不平不直之处，用煮浆麻刀灰随瓦圆势抹光，也就是局部裹陇。夹陇捉节：同琉璃瓦做法，夹陇捉节完了，刷月白浆两道，全部完活以后，瓦顶普遍刷月白浆一道，颜色要一致（和浆时要一次和好），最后在檐头从句头往上一块筒瓦，刷黑烟子一至两道，名为搅脖（绞脖）。脊根边缘加重色彩，与大片形成深浅色对比，与《营造法式》垒脊刷白道同一道理。

削割瓦做法：削割瓦也叫坯子瓦，不挂釉子的琉璃瓦坯，原料是用做布瓦的粘土和做琉璃瓦的耐火土合成而烧制的，瓦件脊料规格样数与琉璃瓦相同，铺瓦方法也一样。这种瓦料多用于官工使用琉璃剪边做法的房座，当中大片用削割瓦，边棱镶铺琉璃瓦，削割瓦保持瓦的本色，不许刷浆提色。故宫内部库房、连房、京城门楼也用这种瓦，规格、质地都比一般布瓦高。

合瓦做法：俗称阴阳瓦，底盖都用布板瓦，做法同布筒板瓦，但底盖瓦都挂瓦脸灰，夹陇、打点瓦脸、压活、刷浆用深月白浆。

仰瓦灰梗做法：全部用布板瓦仰着铺，先将底瓦铺好两根，在蛐蟮档处用大麻刀灰做成灰梗，梗要平直，压光压实，事后刷月白浆两道。注意，蛐蟮档子一定要用大麻刀灰抹实后再做灰梗，底瓦打点瓦脸。仰瓦灰梗特点是头顶轻、省瓦，防雨并不比阴阳合瓦差，做好了可保持几十年。这种做法通行于民房。

乾插瓦做法：乾插瓦只用布板瓦铺底的房顶，是民间通行的一种做法，从用料说并不比阴阳瓦省瓦。做法是一条靠一条，没有蛐蟮档子，如同编辫子，每块瓦和下一条的瓦都要错开铺，仿佛砌墙的十字缝做法，多数不挂瓦脸灰，选瓦时必大小厚薄一致。这种做法有上百年不漏雨的，经济适用，京郊一带实例很多。

（3）铺墁砖地面：有室内、庭院之分。官工大式建筑，室内多使用方砖铺墁，殿座用尺七或二尺方砖，最大用二尺二寸方砖。用苏州烧造的金砖，一般房屋多用尺四方砌。小式建筑用尺二

或尺四方砖，尺寸大小有一定限制。宫内庭院，一般甬路用方砖，其余房座周围、院墙脚下散水，当院地面用城砖或陡板砖平铺；广大殿庭，用石板甬路，大片砖地都用城砖或陡板砖砍磨细砖仄铺，也有平铺的，因为面积大，术语称为海墁，通常又把仄铺的方法叫墁柳叶地，利用砖的小面墁地，形如柳叶之狭长，也叫条砖地。

工前的准备工作：找规矩，是墁地工程最重要的一道工序。古建筑室外地面——庭院，最注意排水问题，盖房相地先考虑排水问题（主要是雨水排泄），一般采取两种处理方法：明走水或做暗沟。暗沟年久容易发生故障，不如明水好处理，所以采用明走水的多。北京故宫两种办法兼用，庭院明走水或活盖雨水沟，地下遍布主干沟道形成全局规模的地下排水沟道网。雨污合流纳入金水河流向大城以东通惠河。这种设施属于官工大项，连上文讲的墁地工程也都是官工做法。墁地涉及排水，因此还应注意下述一些问题：抄平、找正、分档、找溜、号趟、棱线等工序。

抄平：把庭院以内，例如三合或四合院应墁地的位置，按主体建筑物前檐台明散水牙子出平（以散水边缘砖牙子为准，作为全院水准基点），将院内四角抄平，然后再番下水溜。走水去向，一般全院雨水都汇于主座对面左（或右）角流出，看地形情况定。番活是按四角同一水平往下番高低，找出水溜走向。

找正：用十字线放在中上（院内中心点），用爬尺找方，即找正。

分档：首先观察这块地中间放置什么东西，如狮子、香炉、石座、小亭子一类陈设，一般不能移动的要按所占地址划格分档，不能在档里出现半趟砖，如遇到这种情况要匀开，用厚点的砖均匀开，叫做分档。这是一种墁大片地的权变办法。

找溜：即流水（水流去向）的位置。墁地要用线，称为卧线，在卧线上压一道线叫溜线，从水准基点到出水处，墁地以后留有很自然的流水沟，必须作到既能便于流水，又看不出过于明显的水沟。

号趟：按砖的规格尺寸，分别在墁砖地的两端号上记号，墁砖时按记号开线，一趟一趟地挨着铺墁，称为号趟。

棱线：海墁地面，面积大不好用线，要压棱线。线长了中间有垂肚，必须横着用一道线临时把线架起来，这道线名为棱线。

墁地使用的墩锤，是专为墁砖杀趟用的一种特制工具，分锤头和把手两部分。锤头用坚实的城砖凿成、形如圆桶，安木把手。锤重约四、五斤，利用锤重用木把推搪砖面，使之平稳落实，工匠总结为四字口诀："捧、打、推、拉"。

七　土功夯筑技术

土作做法包括夯筑灰土、下地丁、刨槽三个方面的作业，以夯筑为重点。夯筑之法来源于古代的版筑，最早见于文献的"其绳则直，缩版以载，筑之登登，削屡冯冯，百堵皆兴"（《诗经·

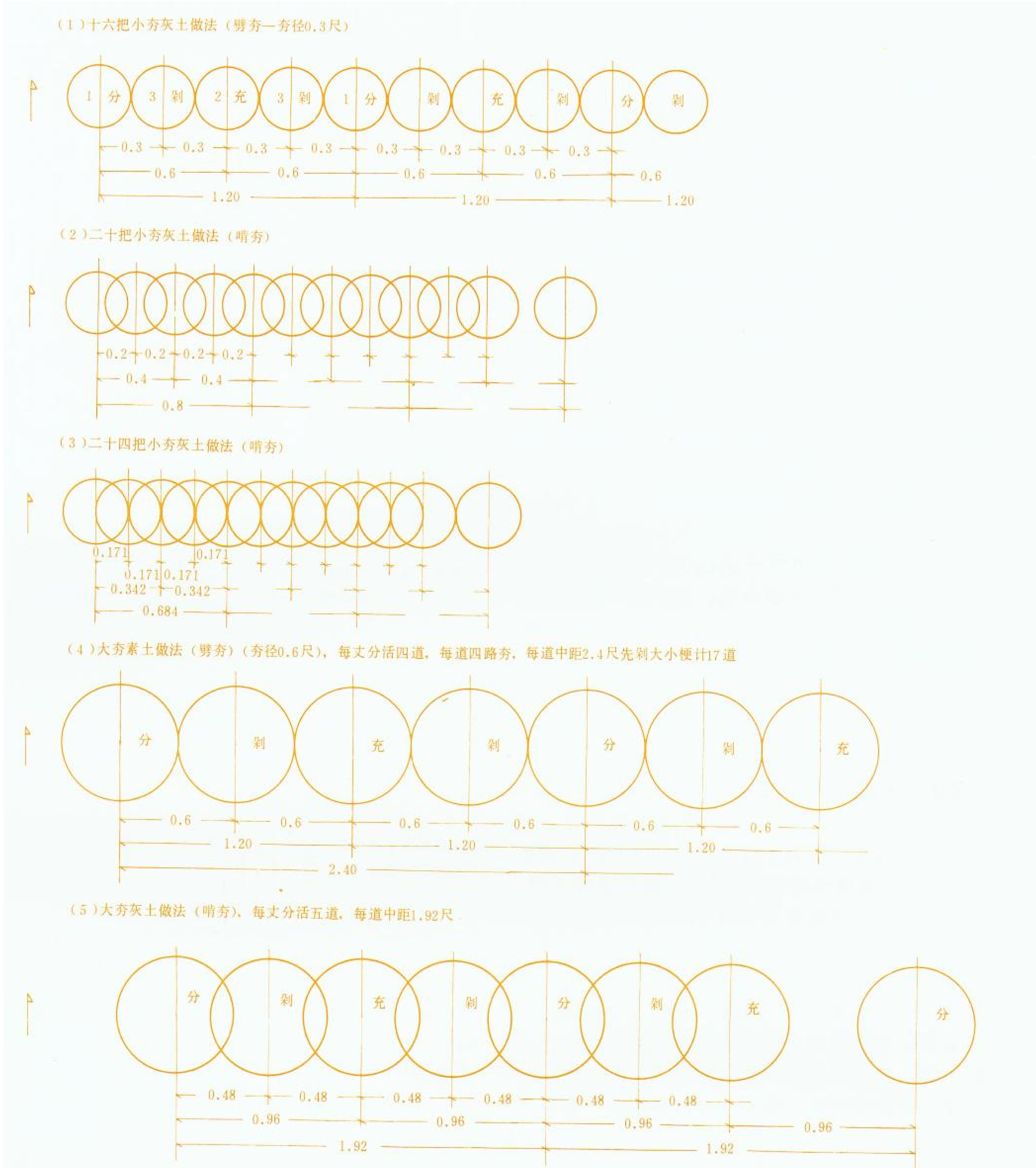
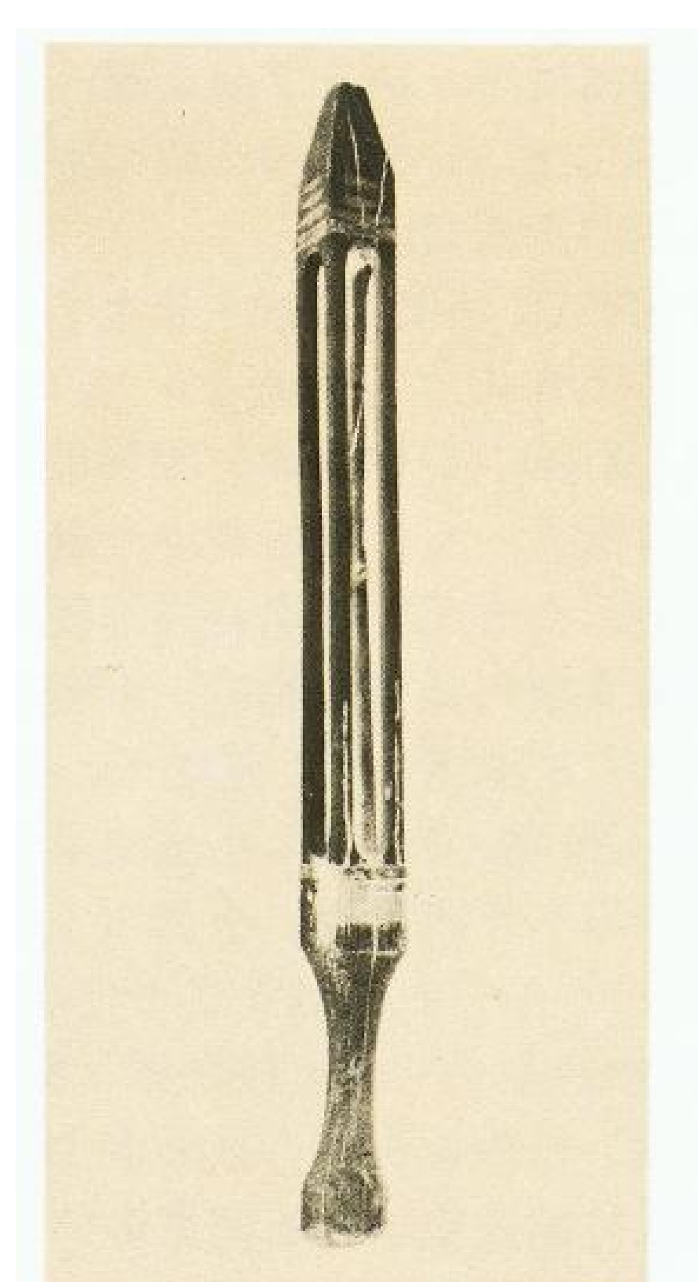


图15-5-18　土作做法夯筑灰土小大夯分槽分夯顺序示意（单位：营造尺）

文王之什》），形容西周先世迁居岐山筑屋施工情况。使用工具如绳、版、筑及筑土之状，绘声绘影，历历如在目前。所说的筑，即筑杵，或名锸、舂，即今建筑工程所用木夯的古制；版即筑墙版，广二尺，五版为堵，三堵为雉，雉高一丈，长三丈。今仍称墙为堵，城上短垣还保留雉的名称（或称雉堞、垛口）。古人筑墙、筑城、场围、河道堤防、军营壁垒等功，都用版筑方法施工。近年考古发现的郑州商代城墙，黄陂商代房屋遗址，杵筑土层还很明显，建筑年代早于《诗经》所载，说明我国土功技术悠久的发展历史。利用自然就地取材，工简费省，应用面广泛，经验积累、技术要求，历来就受到重视了。《考工记·匠人》所说的"凡任索约大汲其版，谓之无任"，就是讲的版筑实施规程和质量要求问题，大是用绳（索）引版太急，木版发生挠曲，土鼓则不坚实。不由实践，决不会得此结论。

土筑技术的发展，和历代大规模的城工、河


图15-5-19　夯筑工具——木夯

工是分不开的，劳动人民因此蒙受的莫大灾难："筑城处，千人万人齐抱杵，重重土坚试行椎，军夫执鞭催作迟"（唐张籍《筑城词》），"万夫喧喧不停杵，土声丁丁惊后土"（宋刘克庄《筑城词》）。唐宋以来，土功筑城实例如唐长安、辽金燕京、元大都，遗址犹在。宋代筑城，《营造法式》载有规格尺寸，城身每长七尺五寸立栽永定柱、夜丈木（斜戗），每隔五尺高，横用纴木，膊椽（短椽），并用草萋、木橛缚钉加固（并见宋秦九韶《数学九章》淮伯城功算例）。

北京护国寺元代建筑土坯殿，墙内用木骨横斜交织，或与抽纴方法相仿。故宫紫金城也曾发现筑土层内有斜向平放的圆木残迹空洞。民间筑屋虽然无力为此，版筑掺杂草辫、谷草屑等，期于加固，目的是一致的。

《营造法式》关于修造房屋筑墙、筑基之法，基础深浅，根据平地与临河口岸各有不同，使用材料与几处城垣遗址所见也略有不同，不是仅用土筑，而是采用土与碎砖瓦、石扎等，隔层相间铺筑。材料配合比例是：（1）筑基：土与碎砖石隔层相间，用料方数相等。（2）开基址：土与碎砖瓦配比是3：1。（3）临河岸口、马头：先布柴梢，钉木桩，梢上用胶土筑实。筑土虚实厚度比是5：3。筑实后落百分之六十，与今夯筑通行方法基本一致。碎砖瓦与石扎虚实比是3：15，落实后百分之五十。筑土工具用杵，杵有墩、又有夯的名称。打筑方法，土窝内打筑次数，与清代夯筑也有所不同。近年故宫维修工程，曾发现几处元明时期遗留地下的旧房基础，一种筑土做法与《营造法式》记载相仿，土与碎砖瓦隔层铺筑，层厚10—20厘米不等，杵窝直径10厘米左右，筑土成分土大灰少，间杂胶土碎瓣，土色黄黑，软中有硬，带有油性，个别杂有白色米粒，掘、钻都很吃力，见风变硬，表面泛有一层白霜。经抗压试验，强度如现行标准砖。传说过去做法灰土内掺有桐油、江米汁（《工程做法》使用材料项内有江米，无桐油），化学分析没有发现这种成分。另一种，石灰成分占很大比重，几乎接近石灰本色，也间杂胶土颗粒。当初筑打方法如何，配料比例等，缺乏文献记载。明清时代衔接，就《工程做法》一类官书所载与实例对照仍不难摸索其间因承变化。

清代官式夯筑，《工程做法》分为小夯、大夯两种做法，夯土有灰土、素土（黄土）之分，用于房屋基础、筑城、石桥基岸与陵墓土功，做法精糙繁简互有出入，大休规矩基本一致（图15-5-18）。大夯、小夯是根据木夯头圆径大小、用夯把数、质量要求高低而定称的。小夯夯头直径0.3营造尺（9.6厘米），大夯加倍，径0.6尺（19.2厘米）（图15-5-19）。小夯主要用于夯筑灰土，大夯夯筑灰土或素土。小夯灰土做法分：（1）二十四把小夯灰土，（2）二十把小夯灰土，（3）十六把小夯灰土三种。按每槽（施工班组）用夯把数区别。每种做法用夯把数多少也是每把夯每次行夯筑打的遍数。夯筑把数多的用工多，石灰用量大，工序复杂，质量要求高。如《工程做法》所载第一种做法，每槽二十四把夯，夯夫

表　14

夯筑灰土名称	夯筑工序														
	1	2	3	～	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	大硪拍底	灰土拌匀下槽	头夯充开海窝	二夯筑银锭	余夯皆随充沟	取平、压渣子、落水	起平夯	高夯乱打	取平旋夯	满筑拐眼、落水	起高夯	旋夯	雁翅打别筑	高硪	顶步平串硪
夯筑二十四把小夯灰土（每槽二十四把夯）	一遍	〃	海窝宽三寸每窝筑打二十四夯头	每银锭筑打二十四夯头	每槽宽一丈充剁大小埂五十七道，二十四夯头	〃	一遍	一遍	一遍		三遍	三遍		二遍	一遍
夯筑二十把小夯灰土（每槽二十把夯）	一遍	〃	每海窝筑打二十夯头	每银锭筑打二十夯头	每槽充剁大小梗四十九道，二十夯头	〃	一遍	一遍	一遍		三遍	三遍		二遍	一遍
夯筑十六把小夯灰土（每槽十六把夯）	一遍	〃	每海窝筑把十六夯头	每银锭筑打十六夯头	每槽充剁大小梗三十三道，十六夯头	〃									
夯筑大夯灰土（每槽五把夯）分三遍筑打		〃	①海窝宽六寸，每窝筑八夯头 ②每窝筑六夯头	①每银锭筑打八夯头 ②每银锭筑打六夯头	①每槽充剁大小梗二十一道，八夯头 ②大小梗二十一道，筑六夯头 ③筑打六夯头	〃							③筑打四夯头	③二遍	③一遍
夯筑素土（每槽五把夯）分三遍筑打		〃	①海窝宽六寸每窝筑四夯头 ②同上	①每银锭筑打四夯头 ②同上	①每槽充剁大小梗十七道、四夯头 ②同上								③一遍四夯头	③一遍	③一遍
夯筑填垫小式房屋，地面海墁素土		〃											①四夯头 ②同上二遍 ③同上一遍	③一遍	③一遍

硪夫多至四十人，实施程序包括：（1）大硪拍底，（2）灰土拌匀下槽，（3）头夯充开海窝（行夯夯窝），二夯筑银锭（前后两夯窝中间筑打一夯），余夯跟随充沟，（4）取平落水压渣子，（5）起平夯，（6）高夯乱打，（7）取平旋夯，（8）满筑拐眼、落水，（9）起高夯，（10）旋夯，（11）高硪，（12）顶步，平串硪。大致十二道工序，从头到尾，前后行夯三次，行硪二次，落水二次，即通常所说"三夯两硪"质量要求最高的夯筑灰土做法。第二种做法，每槽二十把夯，工序如前，但每海窝打夯二十下，少打四夯，质量要求较第一种降低。第三种做法，每槽十六把夯，仅行夯、行窝两道工序。每夯窝打十六下，仅打旱夯，不漫水活，在小夯三种做法中属于最简单的一种。大夯做法，使用径六寸的大夯，夯筑灰土、素土，每槽都是五把夯。灰土做法，工序比十六把小夯增多一道夯、二道硪。每夯分三遍打，第一遍打八夯头，二遍六夯，三遍四夯，比十六把小夯做法要求又高一等。素土做法与灰土工序相同，每夯也是三遍筑打，只是每遍打夯四下，稍微不同。以上几种做法，小夯灰土主要用于宫殿、陵工，大夯灰土、素土用在城工或房舍基础，填筑房厢或地面。夯筑填垫小式房屋地面，海墁，多用大夯素土，做法又较简单（见表14）。夯筑名类不同，做法要求不一，材料成分也有高低。夯筑灰土，规定每步（每夯筑一层）铺虚土厚0.7尺（22.4厘米），夯实厚落0.5尺（16厘米），约为铺虚的70%。素土每步铺虚1尺（32厘米），筑实厚0.7尺（22.4厘米），落70%。这种规格，大小夯做法通用。灰土的成分主要是由石灰和黄土掺和而成的（或称为三合土），漫水活掺用少量江米汁。定额灰土数字，大致按体积比试算。小夯灰土：（1）石灰与土各约占半数（对成），（2）灰与土约为四六比，（3）约为二八比。大夯灰土约一九比；大夯素土实际也并不纯用黄土，掺有少量石灰，大约占5%左右。通常所说三七灰土也通用于大小夯硪做法。劳动人民丰富的实践经验充实了夯土技术的内容，历史证明，千数百年的古代建筑，极少是由于地基沉陷而造成破坏的，故宫四、五百年的大殿座经过几次地震考验，基本未见动摇，与地下基础实有莫大关系。这项技术看起来似乎很单纯，具体实施很多方法措施，是深有考究的。

八　搭材技术

搭材作，今称架子工，是古建工程一个重要的专业，作业内容与土木瓦石、油画裱糊各作密切关联。如竖立大木，打戗拨直，挂天秤（起重）；木作坐檐架子，亦即瓦作踩盘架子，瓦作又有修理头停（屋顶）的架子，木瓦作搭戗桥（坡道）；安装天花顶隔，垒砌墙垣，油画裱糊各作所用脚

手架子；调脊安吻搭持竿（扶手涩滑用）、吻架；瓦石作发券用的券洞架子，起重用的贯架（绞贯），竖立旗竿用的菱角架子，土功打桩、下地丁用的碣盘架子以及搭盖棚座头停席墙等约十余项。

搭材作业，施工期间随各作先后工序，常是走在工程之先，末后收尾，形似协助，实则独具一套专门技术。在历史上，如《营造法式》所说，大木作“卓立搭架”（竖立大木），竹作“搭盖凉棚”，彩画作“缚棚阁，装染华表柱头日月版”和“鹰架”各项，虽然没有明确标出搭材工种，实际却出于这个专业的内容，行业的演变原有其渊源过程。清代的棚匠、扎彩另立分支，比以前分工更加细密，其实源本一途。搭材操作技术历来掌在匠家，《工程做法》罗列名目，略于细节。搭材起重，物料使用不过绳竿架木数种，工具亦只铁钎、鱼刀、弯针（钩针）而已，其间支搭规矩要求谨严，多关于力学原理，在当时条件下虽乏计算之术，实由实地经验积累而来，法简易施，足见功力之深。搭材绑扎之法，各有专称：“立杆”支撑骨干；“顺杆”横向联结；“十字盖”用于排架支撑；“压栏”、“扫地”、上下横杆用以稳定架子，防止动摇；“斜戗”支项，同一道理。“接杆”封顶，“排木”承托，“蕃板子”、“倒排木”，随用而施。绑扎架木通用麻绳。绳扣扎缚方法，有“平扣”、上下“挂角扣”、十字盖上下“顺风扣”、上下“扒锯子扣”、上下“吊扣”、上下“顶头挂角扣”等十余种。具体操作又分背扣、拴、搭、拉、掏、甩、缠、分、扭、回、番、打、外拉、里回、松、扣压、围脖等许多术语（图 15-5-20）。搭材属于高空作业，搭拆改作，顺序先后各有要求，量活计料方法也不同。

竖立大木架子，如硬山、悬山两坡顶房，以山柱高度为准，另外加高八尺，即架子通身高度（檩子径一尺以下，外加高二尺，径大过尺的，应挂天秤，用以起重）。架子通长，如五间前后出廊造，即以檐金柱木、纵横行列为准，进深方向按四排计算，面阔方向按六排计算，凑为架子通长。通高乘以通长，即房座应搭竖立大木架子的方数，按每方一丈核算工料（如无金柱即以前后檐凑长），每间每缝纵横相连形成一个整体的

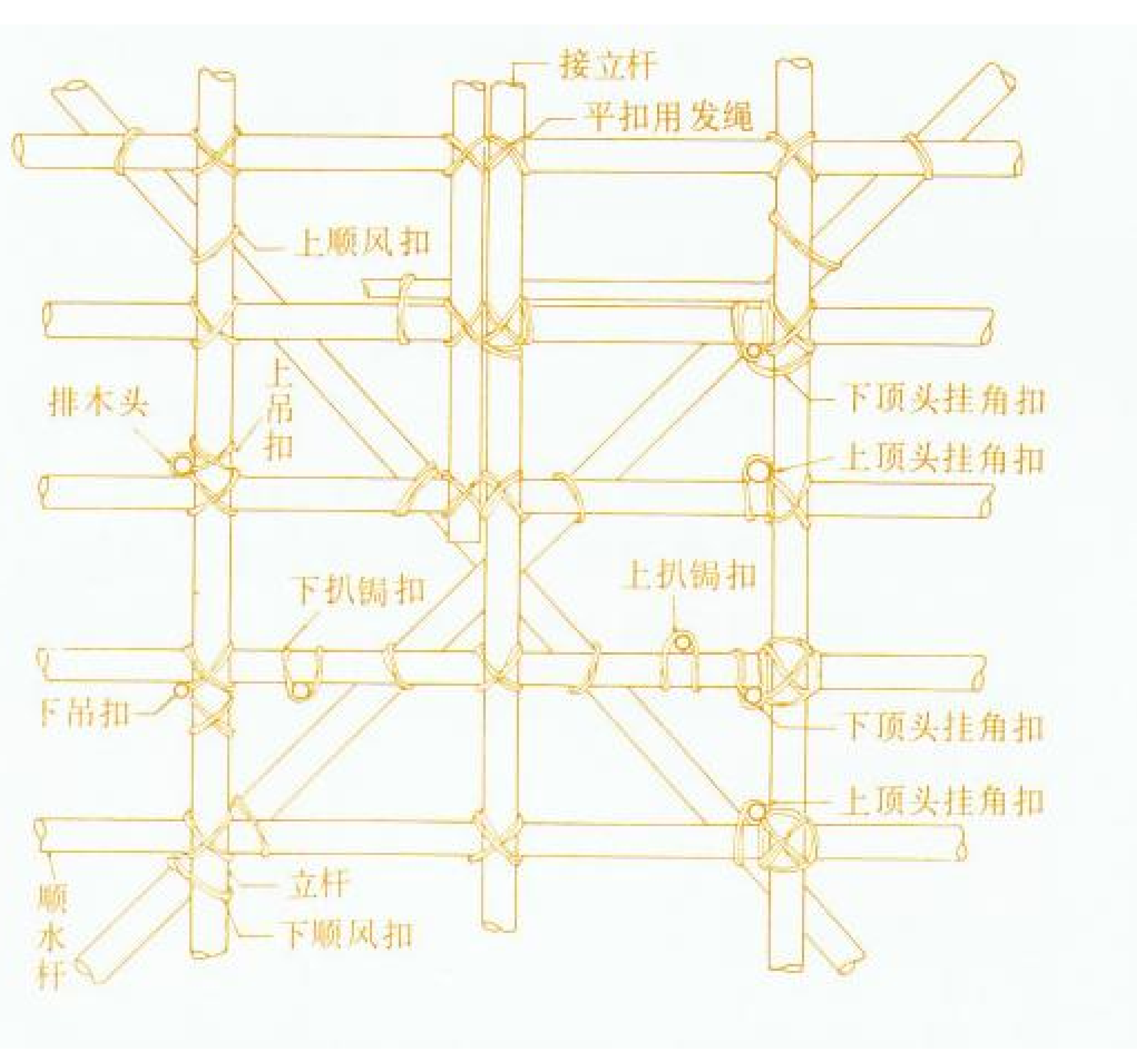


图15-5-20 扎绑绳扣示意

架木网。这是用单排架木或搭的，称为单排架子，每方丈按四根架木计料核工。

大木坐檐架子，同时又是瓦作用的踩盘架子，如歇山房屋，以前后檐及两山四围长度凑长，高度按檐柱高定高，折见方丈，加倍核算工料。如瓦作修理瓦顶，不用踩盘架子，改用齐檐架子时，用料相同。坐檐跨在檐宇以下，与柱头取平，齐檐与檐宇取平，踩盘架子上铺板，用以施工走动，放置随用物料，即材盘。这种架子里外两排立杆，横连排木，上面铺板，踩盘改为齐檐必须往上翻板子，铺在檐头便于上下瓦顶，也叫倒板子。竖立大木架子是单排做法，此则是双排，称为双排架子，用于外檐四围。

搭戗桥，即外檐架木升降坡道，木瓦作用项大，按架木通高定其宽窄，架高两丈五尺以下，以宽四尺为率，两丈五尺以上宽六尺，长按坡长加倍定之。一般两跑坡道，坡度 1∶2。每长一丈用架木十至二十根。安装天花顶隔扎脚手架子，随房屋面阔进深凑长，按天花梁高度定高，即所谓“满堂红”架子，每方丈架木六根。随瓦作砌墙，油画裱糊脚手架，按墙面长高加倍计算，或油画裱糊处折见核计工料，裱糊高八尺者不用架子。

其余，搭持杆、吻架，都是按屋顶前后坡长随面阔折见方丈计算，或大吻宽高折方。券洞架子按券口宽与券顶高折方。贯架，即绞贯盘所用架木，每盘架木二十根。碣盘架子每折见方十丈内，按三成计料。菱角架子，三面成搭，以高三丈为准，每面宽六尺；三丈以外，每丈每面另加宽五寸，三丈以内，收宽五寸，按三面搭长，乘以应高丈尺折方。

九 油饰彩画

木构建筑油饰彩画工程由来已久。在木构表面施涂敷彩，可以防止风雨侵蚀，保护木骨，兼有装饰美观的作用。这种传统工艺是在实用的基础上进一步的艺术加工，内容题材丰富，具有鲜明的民族风格，历来被封建统治阶级利用为粉饰宫室、夸示威严富贵的一种工具而垄断起来，上下当差，各有限制条例。所以，精工巧作往往集于宫观寺庙一类建筑，平民百姓身受压迫剥削，衣食不保，更谈不上安身居处之饰了。

（一）彩 画

古代画绘属于设色之功。《考工记・画绘》云：“画绘之事杂五色”，五色即青、黄、赤、白、黑。或称五彩，即间襍五彩以为天子车舆服色的装饰，说明这种工艺是专为统治阶级上层服务的。《左传・庄公二十三年》“丹桓宫楹”，《论语・公冶长》“山节藻棁”，就是对于诸侯僭用天子宫室装饰制度的批判。汉代长安宫殿“绣栭云楣，镂槛文榄，裛以藻绣，文以朱缘”（张衡《西京赋》）；孙吴建邺宫室“青琐丹楹，图以云气，画以仙灵”（晋左思《吴都赋》）。可以想见两汉以来建筑雕饰繁缛豪华情状与其风尚所行。绘画雕刻原本互通，见于秦汉砖瓦、石阙、铜漆器物的花饰文样，如青龙、朱雀、蕨文以及吉祥文字等，在建筑彩绘中，同样被长期引用流传。近年考古发现的沂南汉墓墓门，藻井彩画、莲瓣菱纹杂以朱绿黑色为饰，长沙马王堆汉墓木棺漆饰云气图案。这些装饰，构图设色，必然是仿自当时的建筑彩饰方法而来。佛教艺术习用的莲荷花、宝珠、卍字、曲水等纹样，画师引用到建筑彩绘上，丰富了彩饰的内容。晚至明清画作，依然作为重要题材保留下来。成都五代蜀王建墓券面彩画，以朱为地，彩绘番莲；南京南唐李升墓，内部仿木结构柱上斗栱彩画，杂间朱黄青绿赭色，运用渍墨晕染方法，色彩鲜艳，较王建墓所见更为绚丽。其彩画衬地方法，先薄饰石灰泥衬，上刷白粉，然后敷彩，当即古谓“绘事后素”遗意。这种明清官工通常使用油灰（或加麻）地仗做法不同。但在北省地方，建筑犹多保留这种传统方法。敦煌北宋初年所建之窟廊外檐五彩装銮，是今日见于地面建筑最早的实例。彩画制作方法，《营造法式》载有明细规定，所称六大类彩画制度，五彩、碾玉称为上功，青绿棱间、解绿、赤白及结华装统为中功，丹粉刷饰列为下功。按照工限做法作为区别标准，等第高的施于殿堂楼阁，次下等用于一般装饰，各有其名例。元代玉辂（乘车的一种）装饰，青质金装，青绿藻井雕木云龙，内盘碾玉福寿蟠龙，上画以金。这种彩饰在宫殿必有同制（封建舆服制度包括宫室在内）。明代洪武初年规定亲王府第：王城正门、前后殿、四门城楼，饰以青绿点金，廊房饰以青黑，四门正门涂以红漆，高下等第，显然有别。独缺大内宫殿，按照封建等级制度，肯定要高于王府一等。明朝人所著《碎金》一书载有明代彩画做法名目，分琢色、晕色、彩色、间色四种，大致犹存宋画作遗意，可以了解前后演化关系。

清代彩画制度，见《工程做法》彩画作各卷的，各色细目总约七十余种，而《内庭工程做法》有关画作名目又间有增润变通。《内庭工程做法》专为修建宫殿工程而设，在物料使用和程功要求方面又比《工程做法》规定标准多有提高（物料质地高标准，用工量增多），“园工”、“陵工”并属“内工”范围，彩画制作，一以“内工”为准。

清代建筑彩画，就其敷彩部位划分，有梁枋大木彩画，天花彩画，椽子彩画，斗科彩画和杂项名件彩画之别。彩画名类区别，原则上是根据画绘方法或者说做法，结合画绘主题而定的。大体可归纳为四大类：琢墨彩画、五墨彩画、碾玉彩画、苏式彩画。这几种彩画在清代官工建筑中都是通用的基本做法，常是根据建筑体制等第，分别施以相应的绘画题材。琢墨彩画属于上品做法，五墨次之，碾玉又与琢墨功第相等，苏画自成系统，有精工，也有一般做法。琢墨彩画包括两种做法，线路轮廓沥粉贴金的称为金琢墨，仅以墨线勾勒不贴金的为烟琢墨。五墨彩画初制分为合细五墨，大、小点金五墨，雅五墨四种。另有土地黄、土黄三色、螺青三色三种，也属于五墨做法一类。雅五墨也另有苏做一种。碾玉彩画初制仅三退晕石碾玉做法一种，后来又衍出金琢墨石碾玉做法。以上三类就画面轮廓布局，可以

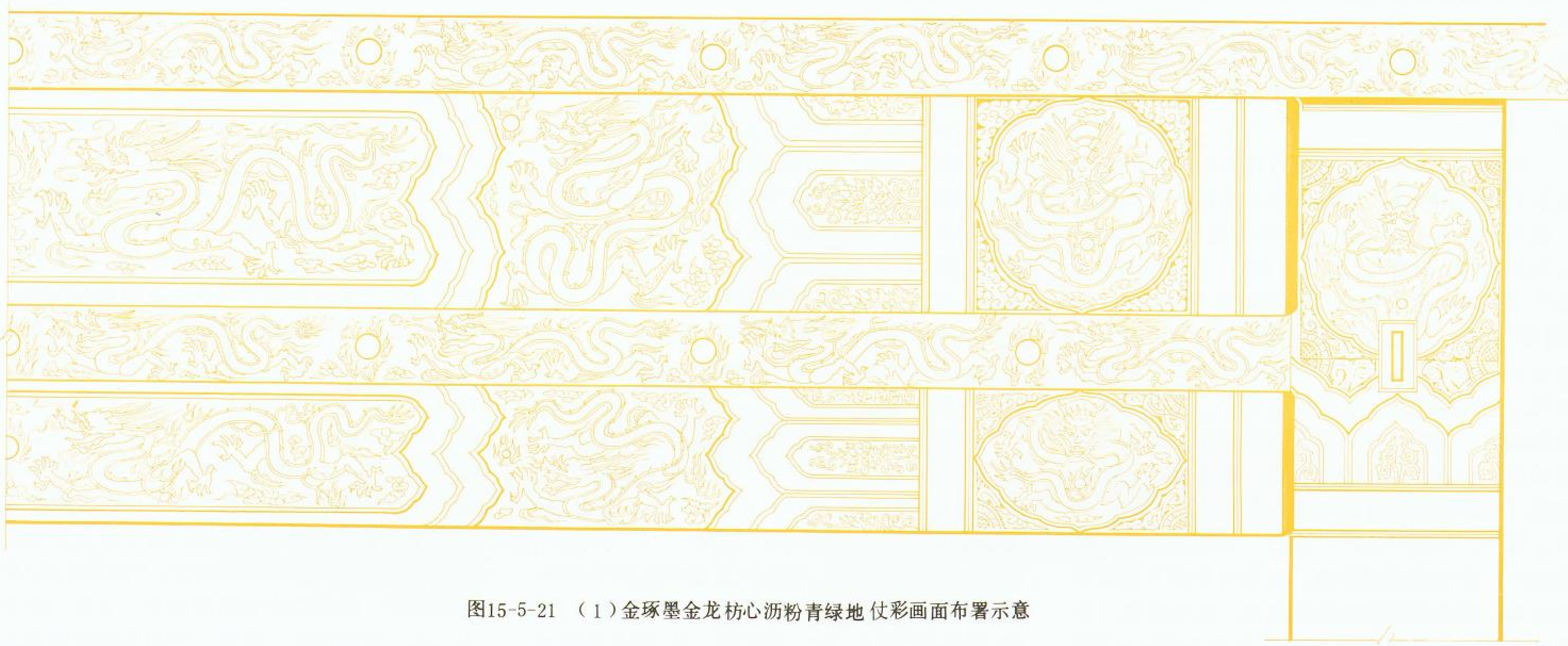


图15-5-21　（1）金琢墨金龙枋心沥粉青绿地仗彩画面布署示意

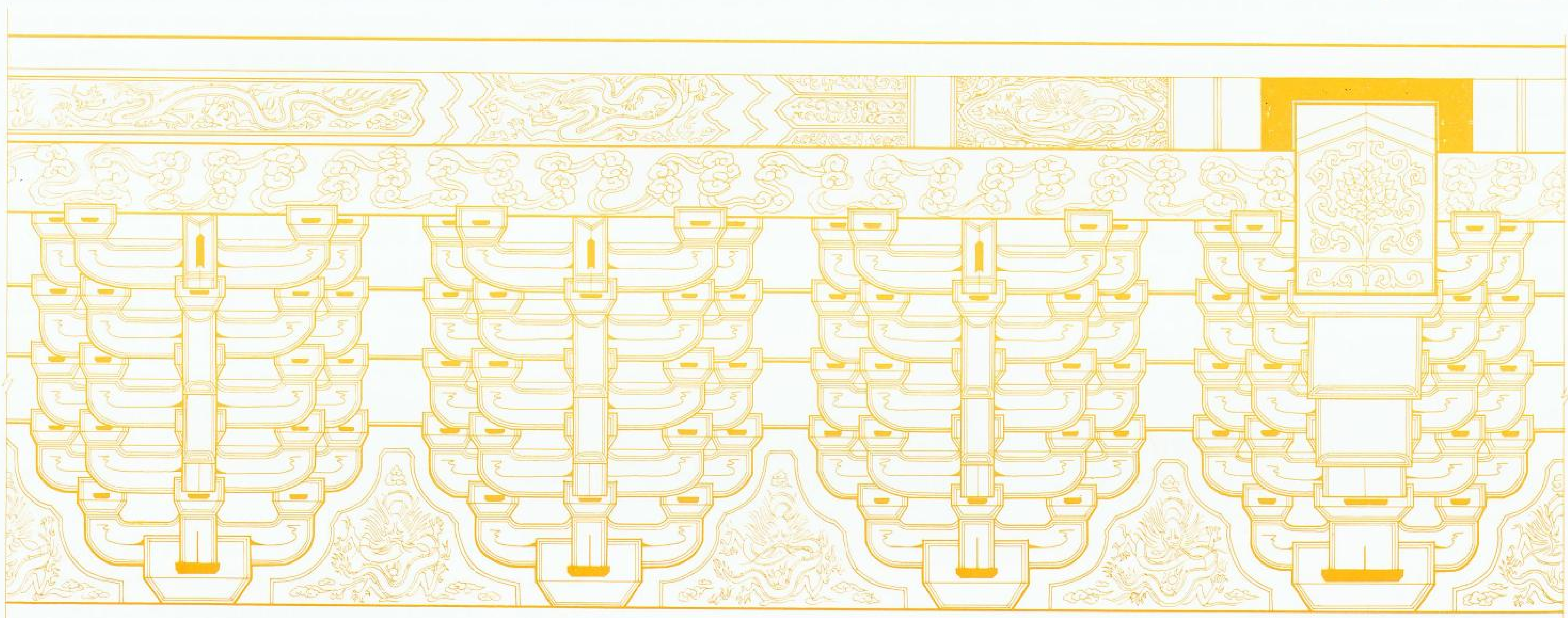


图15-5-21　（2）金琢墨斗栱彩画画面布置示意

说应属于同一体系。以梁枋所绘为例，都是采用几何画法组成的图案画，绘画主题通常采用象征性的龙凤纹、锦纹或间以各种花卉；着色以青绿或朱红为主，线路花纹沥粉贴金或局部点金，或仅以墨线界划，规格严整是其特征。仅梁枋大木所施，细目约三十多种名色，画作对这种做法统称为“官活”，以区别于苏画。苏画构图设色较比灵活自然，取材广泛，侧重于象生写景，每用吉祥故实传会画绘内容作为彩画标题，诸如“寿山福海”、“锦上添花”、“年年如意”等，名目多至十数种，限于历史条件使之而然，初非工匠创意为之。

各类彩画在应用上有一定范围与布置方法。琢墨彩画主题以龙凤为主，另一种则以绘画番草（吉祥草）、三宝珠或间以龙凤为题（图15－5－21）。龙凤图案即古所谓“四灵”当中青龙与朱雀形象的演化，封建社会用以象征帝后，明清彩画列为宫殿门阙专擅制度。龙身遍体饰金（凤纹同）或间以五色渲染称为五色龙，全部画面统用金云龙纹装饰的金琢墨做法，体制最尊（番草宝珠略次），画在主殿、正门；用烟琢墨、合细五墨、大点金做法的，功第次之，多用于次要殿宇。至于小点金、雅五墨做法，采用龙锦、花卉锦纹枋心，或青绿地空枋心的，等第依次而下，都是根据建筑体制等第高下分别为用的。彩画画饰金量多寡，在清代彩画作也是衡量彩画高下等第的重要标志，金琢墨金云龙枋心彩画用金量最多，约占画面面积每十平方尺的百分之四十以上（画活折方以每宽一尺、长十尺为法）。另有一种名为浑金彩画，在彩画地仗上沥粉以后通身贴金，故宫太和殿内檐明间蟠龙金柱就是这种做法，属于一种特例。次要宫殿画面用金量随彩画等第逐渐减少，周庑廊屋甚至不用金饰，利用主次衬托原则突出主体建筑金碧辉煌的面貌，是彩画师通过客观实践积久经验的高度发挥。至于其间带有浓厚封建色彩的画题，则应予以批判。设色布彩，笔墨运用，随画活等第高下，有精有粗，以青绿朱红为地，杂间五色花饰的琢墨，合细五墨做法为止动；以青绿为主的两退晕五墨点金做法次之；但三退晕石碾玉五墨描渍花饰的又属上功做法。琢墨、五墨都有硬色实涂之法，又是根据精糙程度与画绘题材繁简而定其功限等第的，下功上功也常有局部的穿插变通，不能固滞一格。总之，这四大类别，间或都不免有细节出入，从故宫实例每有所见，甚至掺合几种画法揉在一起，应当说是发展中的变体。

（二）油饰做法

官工油饰做法，源于古代“丹雘”、“黝垩”之法。丹即朱砂，赤红色颜料；黝，微青黑色，又

称青雘。丹雘、青雘都是上等涂饰，并属于设色之工。历代对设色各有限制，丹青金碧，赤白黄涂，限于宫殿、衙署、寺宇，一般唯用黑色。《营造法式》油饰寓于彩画作，设有明确油饰工种，列为两个专业，各有专工规程。油作各色做法多达四五十种，仅朱红色部分即有八种细目。油饰地仗分使麻、使布和不使麻布等十五种。表面饰色分各色油饰与刷染各种胶色不下二十四种。宫殿设色以朱红为主，主要用在下架柱木、门窗装修之类，杂色间合品配，多施于园林游豫之地。王府限制饰绿，官民一般建筑限用黑色涂饰，较之前代尤其严格。油饰原料见于《营造法式》的即以桐油为主，汉唐宫殿漆饰是否仅限于使漆或兼用桐油还不十分清楚。元陶宗仪《辍耕录》有关漆工各条，明黄成《髹饰录》所载漆工粗漆、鳗水等调剂方法，操作要求，多属当时漆工糙作，用于器物，不及建筑装饰。明清宫殿大座偶尔使用金漆做法，用在内檐做法，一般则仍以使用桐油为大宗。

清代官工油饰，大体包括地仗（油饰垫层）、油皮（涂油表面）、金饰（贴金）三道主要工序。由木骨以上到表面油饰，逐层敷涂饰色装点金饰。直接敷涂在木构件表面的油灰垫层称为地仗（仗，即凭依之意，涂在木地上），犹《营造法式》彩画衬地。地仗以上涂油面层通称油皮。木构件，装修边缘棱角，花纹雕镂贴饰金线或遍金地，或玲珑贴金（起突雕镂处），统称为贴金。贴金原属画工，清制改归油作。通过官书结合匠师传述，简介如下：

（1）地仗：是油饰工程的基础工序，如砖基的灰土垫层，有保护木骨、衬地找平的作用，分单被灰与使麻灰（或加苎布）两种做法。单被灰由最简单的一道灰至两三道灰，常用于彩画衬地。使麻或加使布的，由最少一麻三灰做法（画活也有使用这种做法的），多至三麻二布七灰做法，包括十二种。北省地方建筑多直接涂油于木构表面，缝隙节疤薄施灰膏填塞找平为止。油灰厚涂地仗做法，明清北京宫殿广行施用，日久形成官工通行做法载入规范。宫苑工程浩大，历年频繁，材木消耗量大，良窳不齐，大小规格未必尽合要求。使用油灰厚涂弥缝缺陷，取圆找平，主要从质量保固考虑，兼可收到装銮美观效果。这种做法限于官工，不是民间力所能及，特别麻布一类做法，一般房舍很少使用。前代地方建筑所以没有这种方法，经济条件所限也是一方面的原因。

（2）油皮：宫殿建筑一般规定使用三道油，由里及表分糙油、垫光油、光油（色油）挨次涂刷三遍。朱红油饰七种名色，专限于宫殿大座，质量要求很高。次等所用红土油饰和烟子油饰，在活遍上不用垫光油，仅糙油、光油两遍成活。刷胶色做法，刷色以后，罩一道油，有多种颜色，大青、烟子、花梨、楠木诸色，用于庭园建筑或门窗装修家俱之类。地仗单被灰，或紧刷靠木色，荡腊出色，细木多至三十余种，色调多彩，属于油作一种细致工艺。大漆做法，工序繁复，较比油活要求高，宫殿扁联大都漆工制作，经过窨干，所以外檐大木少用金漆做法，也属油工作业范围。

（3）贴金：金饰做法多种名目，油画工程以贴金、遍金最为通用。贴金使用金箔成品，遍金地同，或用金箔泥成金粉，称为泥金，贴金也叫飞金。利用这种稀有金属装点油画，纯为增饰美观，初无其他作用，一般房座也常用黄色涂料点画，借以间色醒目。彩画饰金，宋元画作以着色为重，用金不多，明宫彩画犹多如此，清代康乾年间油画装饰大量使用红、黄飞金，不仅官活三类彩画，园林苏画装点金饰者益多。金箔锤炼分赤金、库金两种成色，初制规定箔片见方三寸三分，后减为三寸见方一张，每十张为一贴，百张为一把，千张为一具（或称一块）。库金色红，含金成分高（97—98%）；赤金色黄，含金成分低（75%上下）。一般油画使用赤飞金，重点工程使用库、赤两色金。用在彩画线路纹样多相间而施，轻重分明，突出重点，油活饰金方法相仿。

油活分遍层次，材料调配方法，各有条例。工前的准备工序，大致分为錾砍见木、撕缝、下竹钉、汁浆四道。新木骨，须将表面用斧子砍出茬口（如鱼鳞），便于粘结油灰（旧木见新茬），顺木纹缝隙用铲刀撕挠见新茬，不留灰迹，缝口大的上下口签竹钉，防止因受浆灰潮湿水气，容易收缩造成活面断裂影响美观。最后普遍汁浆一道，下一步使油灰时易于粘结。做地仗，又分捉缝灰、糙灰（或称通灰、扫膛灰）、使麻压麻灰（或间用苎布）、中灰、细灰、钻生（生桐油）几遍工序。使麻使布，工序遍次最复杂，要求严格，精粗程度关系整体活路质量。使麻先开头浆（遍涂油灰），粘麻，粘铺平整，用麻压子砸麻，使之竖匀。然后中灰、细灰，再钻生油一遍，地仗成活。油皮涂刷，先在地仗上拈细腻子，然后依次上糙油、垫光油、光油。最后贴金，扣油齐全（图15-5-22）。经过多道工序，并须掌握遍次间歇时间，干湿适宜，以免成活出现毛病难以收拾。许多具体有益的经验，有待于进一步的总结发挥。

十 裱 糊

原编卷末裱糊作法，通行于北方民间室内装修粉饰一种传统做法。北方天寒，一般房舍屋盖苫铺席箔（或秫秸）泥背，或铺瓦或不铺瓦，室内檩椽外露，为了防尘御寒，采用纸糊顶隔办法，或由顶及壁满糊以纸，既经济又洁净。一般使用白色纸，俗称为“四白落地”。明北京宫殿、大殿、后宫都安装天花板，主要殿座明间当中安藻井、方格天花（或称龙井天花）。室内隔间用木隔断，临墙一面装护墙板，涂油漆。两厢配房或用纸糊。清朝入关以后，后宫居住殿屋大都改用裱糊做法，在原有天花板下面另外吊装一层白堂篦子（方格眼木扇），表面糊纸，墙面即就原有护墙板裱糊。一般用素白银花纸，四白落地，顶格当心粘贴黑光纸镞花（中心花），四角镞花岔角，称为贴络。大殿座明间后金缝木照壁（又称屏风），用明黄绫心、石青镶边。后宫内檐装修夹堂隔心裱糊各色纱绫之类，或一色素地，或有织绣花纹，或书画幅。菱花隔心夹堂心、支摘窗糊高丽纸，用以取明。后宫另有纸糊天花一种，画法同方井天花格式，糊在白堂篦子上，称为海墁天花或软天花。裱糊作用料包括锦缎、纱绫、绢布、纸张，名色多种，独缺做法。这些材料多属“内工”使用，内府营造司裱糊匠专为宫廷而设。裱糊作传有经验作法，大致可以了解当时传行的一些具体情况，引录如下。

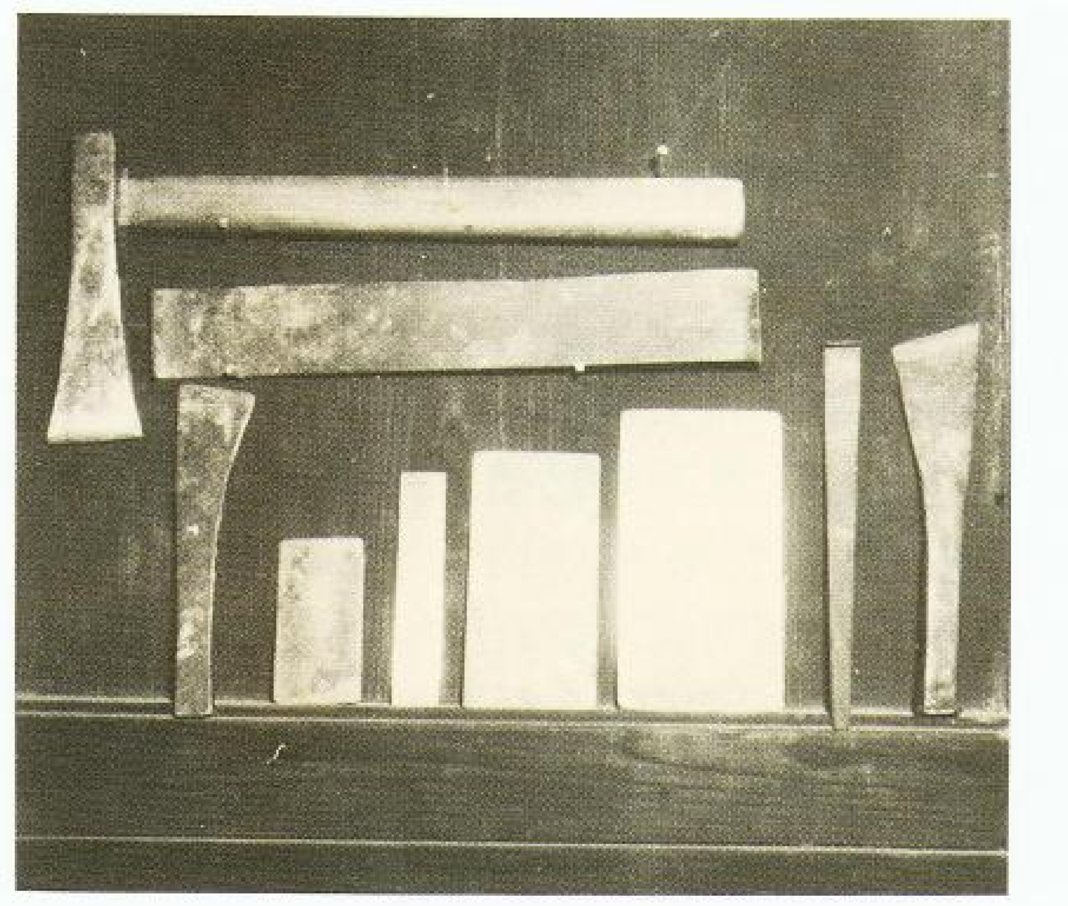


图15-5-22 油工工具——斧子、挠子、铲刀、铁板

裱糊分大、小式两种做法：

（1）大式（官式）做法：顶棚木骨格，通用木方格篦子，称为顶屜即白堂篦子（墙面也有用的）。在木篦上糊纸，共分四道工序。第一道工序，盘布（盘读作搬）。所谓布，即大眼麻布（也叫三麻布），纸用高丽纸（也叫油杉纸）。盘布就是先将两层纸夹一层布用浆糊裱在一起，压实，成为一体备用（纸层加麻筋）。裱糊时，按顶屜分格糊纸，四格、六格或八格一糊，将纸糊到屜上，四边翻卷格眼以内为止。这样糊完，在木格十字处钉小铁钉，钉眼用小块油杉纸糊上，以免钉锈透过裱糊面影响美观。每四格糊完，再糊其余的空格，称为填空。翻纸边加钉同前。这一道总称为“梅花盘布”。第二道工序，鱼鳞。用高丽纸裁成条，四条抹浆糊，一条一条地糊，糊时要破缝，纸压在纸中，和瓦作砌墙十字缝一样，纸干以后可起到平的作用。第三道工序，鱼鳞以上通糊高丽纸一遍，叫“片一道”。有时还要“棚沟”，就是在顶屜有不平之处，鱼鳞在沟处不平，再接糊鱼鳞，取平为止。片完以后，即可糊最后一道纸，称为盖面。清初，宫殿通裱糊本纸（即宣纸），后来用大白纸、银花纸（大白纸上利用蛤粉，模印各种花纹）。

（2）小式做法：民间做法称为小式做法，顶棚架子一般使用秫秸杆裹上纸条，成形吊挂上顶，两头签钉墙上，中间吊挂用麻捆扎。裱糊时先用皇文纸打底子，称为“抹底”，表面糊大白纸或银花纸成活。顶棚形式有平顶、“三锭”即一平两超做法，或卷棚形式。

工具使用，一般包括抹刷、排刷（糊刷），刷浆糊用；掖刷，糊时掖纸用。其他连刀、铲子、剪子等。

清工部《工程做法》刊行距今已有二百三十余年，原编作为官式建筑设计标准规范，详于建筑规格条例与料例工限，可以使设计有所准绳，估

算有所依据，施工备料，人工调度，各有所本。不但缺乏图样示例，略于造作技术，而且术语满篇，非久历其事熟悉工程者不易骤然通晓，又未尝不是此编所缺。过去曾有认为全编所重在于经济报销，不足称为工程做法。其实著述有体，目标不同，限于历史条件，原无足诟病。若进而深入一步，事实有不尽然者。当时官工设计，“外工”掌在工部营缮司，“内工”属于内府营造司承办。后来，圆明园又设有“内工部”专门办理“园工”设计事务。营造司分设样房、算房，设计图纸、制作烫样（草板纸模型）与应用工料估算，根据《工程做法》规定标准，针对具体工程编制做法说明和经费预算，完工结算具有一套严密的管理制度。尽管内里或有不尽不实，通过这些文献资料结合实例所见，仍然不难探求其中原委。《工程做法》说明以文字为主，烫样示其形象轮廓，并标签主要尺寸做法，与文字说明相辅为用，而且掌握尺寸总于一人（大木匠掌握全部总尺寸，古称“都料匠”）。总丈杆号明总尺寸，分大杆标注局部尺寸，木土瓦石各作均以丈杆为准，分别安排作业。分工明确，头绪清楚，施工现场完整的组织系统，统由工匠掌握，监工官吏不过坐领其成而已。工料估算，有关工程经济之核定，掌在官府，法严事密，人力调度、物材供应各有保证，更有利于现场施工，掌握好规矩尺寸，把住质量关，按期交工，别无他务。数百年匠家心传经验也往往通过官工无限制地修建得以发挥精进，丰富了我国古建技术优良传统，总结成果，出在官家记载已属难得。《工程做法》规格事例，多关封建体制，不尽适合今天的要求，然而，其中有关建筑设计基本原则与工程技术具体处理方法，从建筑科学发展角度看，仍有参考利用之处。比如，中轴对称、圆心对称设计原则，朝向位置，日照风向，防潮避水，并不全是风水迷信庸俗之谈；建筑造型艺术平面布局具有一定权衡比例关系，基于数千年来生产、生活实践逐步发展而来；根据木构特点，采用预制构件，组合安装，统一建筑规格标准趋于定型，与现代建筑发展趋势，原则方法基本无殊，有利于设计施工统筹规划；至于建筑规格标准的统一、地方材料的充分利用等等，都是劳动人民长期实践经验的积累。当然，原编彩画装饰工程，多由封建统治阶级夸耀等威富贵意图出发，反映封建糟粕题材充满栋梁，超出应有的维护保固作用，又当别论。至于行之已久、卓有成效的某些做法、物料，本着吸取精华、剔除其糟粕的精神，仍多可以改进利用，更好地发挥其应有的作用。

第六节　建筑匠师

一　鲁　班

鲁班，本名输般。输是他的姓，当时人尊称他为“公输子”。因为他原是春秋末鲁国人，并且“般”与“班”同音，故在民间常称他为鲁班，在有些古籍里也称他为“公输盘”（如《墨子·公输》）、“公输般”（如《战国策》）或“鲁般”（如王充《论衡·儒增篇》）。

鲁班生于一个世代工匠的家族——公输族，是我国古代有史书记载的最早的能工巧匠和创造发明家之一。关于他出生的年代，根据明《鲁班经》记载，说是鲁定公三年，即公元前 507 年。古籍上有“鲁之巧人”、“至巧”和“巧士”之称，在民间历代奉他为土木工匠的祖师。

鲁班所处的时期是春秋末期，那时列国纷争，奴隶制日趋崩溃，封建制逐渐兴起。鲁班早年就有发明创造，但在鲁国没被重视，而在我国中南地区的楚国却注意招聘天下有才干的人参加建设，于是已有盛名的鲁班，不怕路途迢迢，爬山涉水，“自鲁南游”（《墨子·鲁问》）。这时，他的聪明才智得到了充分的发挥。然而在长期的封建统治下，许多事实被颠倒了，如东汉大官僚赵歧说鲁班是“鲁昭公之子”，其实鲁昭公早在公元前 510 年就死了，此时鲁班尚未诞生。有的人把鲁班神化了，如说什么“鲁班刻了一块石乌龟，夏天能下海，冬天能上山”等。这些都是无稽之谈。因此，关于鲁班的发明创造，确实存在严重真伪不分的现象。现只能从仅存的史料和民间传说中分析研究如下：

（1）云梯：是古代攻城用的器械。《墨子·公输》记载：“公输盘为楚造云梯之械，成。”《战国策·公输般为楚设机章》写到墨子往见公输般时说：“闻公为云梯”。二者皆证明鲁班造云梯的事迹。

云梯的结构、构造现无详细资料，据《史记索隐》说：“梯者，构木瞰高也。云者，言其升高入云，故曰云梯”。这说明了云梯是供攻城时登高和瞰望敌城用的，是木结构的器械。唐人杜佑撰的《通典·兵十三·攻城战具附》将其构造叙述得更为详细：“以大木为床，下置六轮，上立双牙，牙有检，梯节长丈二尺，有四桄，桄相去有三尺，势微曲，递互相检，飞于云间，以窥城中”。又说：“有上城梯，首冠双辘轳，枕城而上，谓之飞云梯”。据此，可以推测，云梯已有装配的“梯节”和多轮平板车的雏形，上部构造估计与现在消防所用的攀登云梯相仿。

（2）钩强：钩强也叫“钩拒”、“钩巨”。是古代水战用的器械。据《墨子·鲁问》记载：从前楚越水战，因“楚人顺流而进，迎流而退，见利而进，见不利则其退难。越人迎流而进，顺流而退，见利进，见不利则其退速”，致使楚败于越。楚为改变这种战局，在鲁班初到楚国后，就首先让他制造了这种兵器，对败退的敌船能钩住，对进攻的敌船能抗拒，这就是“公输子自鲁南游楚焉，始为舟战之器，作为钩强之备，退者钩之，进者强之”的意思。所以“钩强”在水战中有防御和进攻两用的特点。其构造又较简单，《墨子·备穴》中说：“亦穴而应之。为铁钩巨长四尺者”。另据《通典·兵五·守拒法附》中说：“钩竿如枪，两旁有曲刃，可以钩物”。这里说的是陆战用的“铁钩巨”和“钩竿”，可见鲁班创造的“钩强”可能是在“铁钩巨”基础上改进的。这种兵器类似江南一带水运竹排、木排的工具。

（3）木鹊：一种以竹木为材的飞翔器械。据

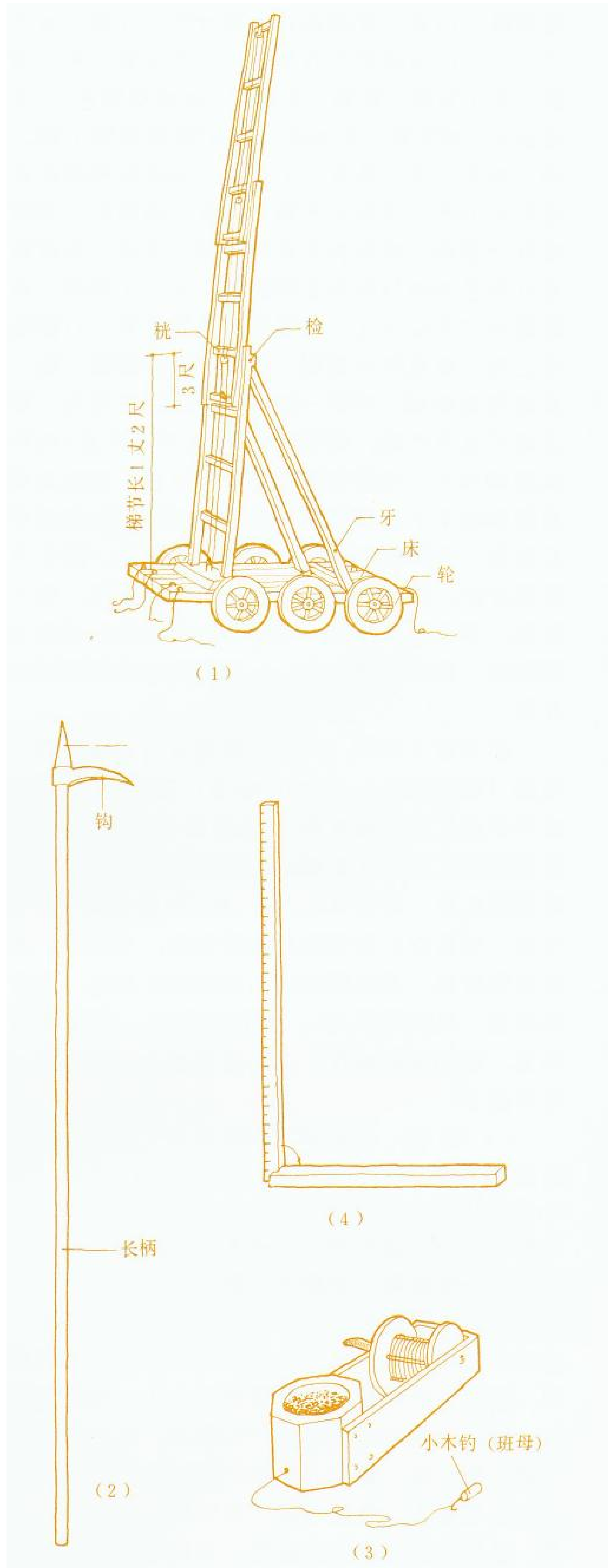


图15-6-1　（1）云梯示意；　（2）钩矩示意；（3）墨斗；　（4）曲尺（鲁班尺）

《墨子·鲁问》记载：“公输子削竹木以为䧿（鹊），成而飞之，三日不下”。这种以竹木做成的鹊，估计类似现代的“竹蜻蜓”或“飞机模型”，至于“飞之，三日不下”则为夸张之词。

（4）木工工具：春秋战国时期，建筑木工的生产技术已达到相当高的水平，鲁班和当时的工匠建造房屋、桥梁，都离不开木工工具。所以《孟子·离娄》说：“公输子之巧，不以规矩不能成方圆”。足见当时已有“规”与“矩”。现在沿用的曲尺，可能是鲁班在“矩”的基础上改进而来的，现代木工称它为“鲁班尺”。所以《续文献通考·乐考·度量衡》说：鲁班尺“即今木匠所用曲尺，盖自鲁班传至于唐，……由唐至今用之”。又据

《鲁班经》卷一写到曲尺时说："须当凑时鲁班尺"。有了"曲尺"就在木工技术上解决了许多问题，如控制房屋和器具构件连接成直角；粗略检查一个面是成平面或有挠曲；还可利用曲尺量长短和划线。总之，曲尺构造简单，功用多。正因为如此，它直到现在仍然被应用。

另外，相传鲁班还创造了弹线用的墨斗。明黄一正编《事物绀珠》说鲁班发明了刨，但据考古资料，春秋末期还未有刨。

（5）造季家墓：《礼记·檀弓下》记载："季康子之母死，公输若方小。敛，般请以机封，将从之"。季康子，即季孙，曾是鲁国大夫，他非常讲究排场，祭家庙用的是天子祭宗庙的仪式。据此推测，季家墓也必定不是一般的墓，是属于较复杂的墓葬工程。"敛"与"机封"是怎么回事呢？据郑玄注说："敛，下棺于椁，般若族多技巧者，见若掌敛事而年尚幼请代之而欲尝其技巧"。孔颖达疏说："其若之族人公输般，性有技巧，请为以转动机关窆而下棺，时人服般之巧"。可能这种"敛棺"的方法就是采用类木把杆加木葫芦（滑轮）的吊装机具。因此"时人服般之巧"，"将从之"。

（6）铺首：《营造法式》卷二"门"引《风俗通义》记载鲁班发明铺首的一个故事说："门户铺首，昔公输班之水，见蠡曰：'见汝形'，蠡适出头，般以足画图之，蠡引闭其户，终不可得开，遂施之于门户云：'人闭藏如是固周密矣'。"

此外，还传说鲁班在雕刻方面也有很深的造诣，如《刘子新论·知人篇》形容他刻的凤凰栩栩如生："翠冠云耸，朱距电摇，锦身霞散，绮翮焱发"。《述异记》说他还制作过石刻地图。东汉王充在《论衡·儒增篇》中还描写了他制造木车马和木人的故事等。

历代关于鲁班的传说记载很多，难以辨明真假。总之，鲁班靠他的艰苦劳动、努力钻研的精神，在建筑、土木、器械等方面有过很多的创造发明，对我国古代科学技术的发展作出了杰出的贡献（图15-6-1）。

二 阳城延

公元前二世纪初，在我国西北地区出现了一座全国性的大都会——西汉长安城。它座落在关中平原的渭河南岸，地形险要、物产丰富，东据崤函之阻，不仅在军事上易于防守，在经济上也具备优越的地理条件。这座都城是利用秦国咸阳城市建设的物质基础上而建设起来的，都城的选址是与当时的政治形势密切联系着的。汉初经营长安宫殿以至修筑长安城池相国肖何首创其功，而先后主其事者则实为军匠出身的阳城延。据《史记》记载："（吕）太后欲侯诸吕，先封高祖之功臣，少府延为梧侯。〔集解〕徐广曰：姓阳城也。延以军匠起，作宫筑城也。"[1]"梧〔索隐〕县名，属彭城，以军匠从起郏入汉，后为少府，作长乐、未央宫、筑长安城，先就功侯五百户。元年（公元前187年）四月乙酉，齐侯阳城延元年。"[2]阳城延的生平事迹传述不多，仅由以上记载可知，阳城延原来是刘邦（汉高祖）军队中的一名"军匠"，后来作了"将作少府"（主管营建宫室的官）。他参加监修汉长安的营建有明显的历史特点，一方面体现了古代传说的城郭制度，参考前人筑城营建经验；另一方面他结合现实需要，拟定营建规划方案。在当时历史条件下，他有计划地修建宏大的都城中能够结合地形从实际出发比较全面地考虑合理解决城市营建中的问题，是值得人们称赞的。

汉长安城并不是一次修建成的，是逐步发展形成的。西汉初年首先利用秦代的一处离宫修建成长乐宫，据近年考古发掘长乐宫遗址周长10,600多米，这座宏大的"长乐宫"即成为后来长安城始建时的基础，以后逐步增建宫殿，形成西汉的都城——长安城。汉高祖七年（公元前200年），在长乐宫以西，又起建了一座以"未央宫"为主体的"长安宫城"，即在长乐宫以西修建起未央宫。其周长约近8,600米（东西2300米，南北200米）。未央宫前殿台基东西长200多米，南北宽100多米，北端最高处达10多米。利用天然地形使未央宫形成主体建筑放在全城最高的位置上，作为封建统治政治中心。正如文献所载："因龙首山以制前殿"，又据《史记·高祖本纪》："高祖八年（公元前199年），丞相（肖何）营作未央宫，立东阙、北阙、前殿、武库、太仓。高祖至，见宫阙壮甚，怒谓肖何曰："天下匈匈，苦战数岁，成败未可知，是何治宫室过度也？"肖何曰："天下方未定，故可因遂就宫室；且夫天子以四海为家，非壮丽无以重威，且无令后世有以加也。"高祖乃悦。

长乐宫、未央宫和武库，其形状都接近方形。宫城为版筑土墙，宽度达20多米。其它，"市"、"闾里"在初期工程中，文献记载简略。长安城初期，只有宫城还没有全城外围的城垣，到汉惠帝元年至五年（公元前194—190年），征调大量的徭役农民和诸侯王的奴隶，才开始兴建并完成长安城垣工程，也都是版筑的土墙，基宽16米，城垣一部分是沿宫城和渭河支流的走向随地势曲折形式建造的。据实测，汉长安城大致呈方形平面，周长约合汉尺六十里强（约25,100米），占地面积约35.82平方公里。城墙每面各有三个城门，同时在门道内两旁发现有大型卵石柱础，可见当时城门结构形式为木构门楼。每面城门都有宽8米左右的宽大门道，去掉两侧列柱结构所占的2米，净宽为6米，在霸城门门道内发掘有当时的车轨痕迹，宽度为1.5米，每个门道正好并行四辆马车。这样三个门道，可容车轨十二。以车轨的宽度确定城门道的净宽，这是科学的设计方法。证实文献所说"披三条之广路，立十二之道门"及"参途夷庭，方轨十二"[3]是真实的记载，亦可见城市布局之宏伟了。城内街道，纵横交织，主要干道三条并列与城门的三个门道相直，中央一条宽大，是天子专用的驰道，正如《汉书·成帝本纪》所记述的那样，任何人都不能逾越的。三道之间有排水沟和泄水的陶水管道，说明长安城已有全城性的排水系统。

纵观遗迹所见，在汉高帝五年至惠帝五年（公元前220年—190年）城内除按规划营建的宫殿衙署外，还有商业区、市和居住区、里。传说那时有九市，160里，即规划成160个方形的"闾里"。这种方格系统的坊里制度城市规划方法，在封建社会中影响极为深远。举世闻名的隋唐长安城就是采用坊里制度。甚至在国外的一些古代城市也受其影响。

通过以上记载和考古发掘所见，两千多年前，阳城延在长安城市营建上，以丰富的实践经验，创造性地、有计划地完成了这个历史使命，无论在城市的平面布局或具体的工程规划上比以前的城市建设又有所发展，既考虑了功能、实用，也考虑了充分利用地形，因地制宜，在当时建筑技术水平条件下，建造这样大规模的宏伟工程，反映了我国劳动人民的智慧和创造。以军匠出身的阳城延能成为古代城市规划史上著名的人物列入史册，并不是偶然的。

三 李 春

河北省赵县（古称赵州）城南五里的地方，有一座举世闻名的大石桥——安济桥（俗称赵州桥）。它建成于隋代大业年间（605—618年）。这座桥梁横驾洨河之上，跨度之大、施工结构之精、造型之美是非常罕见的，古往今来它受到人们的赞扬，称赞它"奇巧甲天下"。它经过了一千三百七十多年的历史，保留到今天，为世界上首创的一座最古老的石拱桥——"敞肩拱桥"，在我国桥梁建筑史上占有重要地位，已成为我国宝贵的建筑遗产（图15-6-2）

这座中外闻名的赵州桥是我国隋代一位普通的桥工石匠李春等人设计修建的，显示了我国劳动人民的勤劳和智慧。但是关于李春的生平事迹，在我国官修的史书里，并没有记载。李春的名字，只是从历代整修大桥时的一些碑刻中看到，如唐开元十三年（725年）张嘉贞在《安济桥铭》中写到："赵州洨河石桥，隋匠李春之迹也。制造奇特，人不知其所以为。"明嘉靖四十三年（1564年）《重修大石桥记》中说道："赵州桥隋大业间石工李春修造"。明万历二十五年（1597年）《重修大石桥记》中也说："赵城南距五里、有洨河、河上有桥、名安济、一名大石，乃隋匠李春所造云。"清代光绪年间编纂的《赵州志》中又写道："安济桥在州南五里洨河上，一名大石桥，乃隋匠李春所造"。以上除了"隋匠李春"四字以外，对其本人身世便没有更多地记述了。

李春设计建造的赵州桥，反映了当时社会经济和物质条件，是社会生产和科学技术发展的必然结果。李春生活的时代，南北长期对峙，战乱纷争不息，阻碍了历史前进的步伐，两晋南北朝期间声势浩大的农民起义推动了社会发展，隋代统一后，结束了近三百年的分裂状态，随着生产的恢复和发展，客观上要求扩大交通和运输，大业年间的修渠、造船、建筑桥梁就是反映了这一时代的要求。赵州地处要冲，自古为南北"官道"所经，交通频繁。洨水（今洨河）发源于太行山中段东麓的井陉山区。在古代洨水的流量每年随着季节变化，时涨时消，落差很大；夏秋两季降水

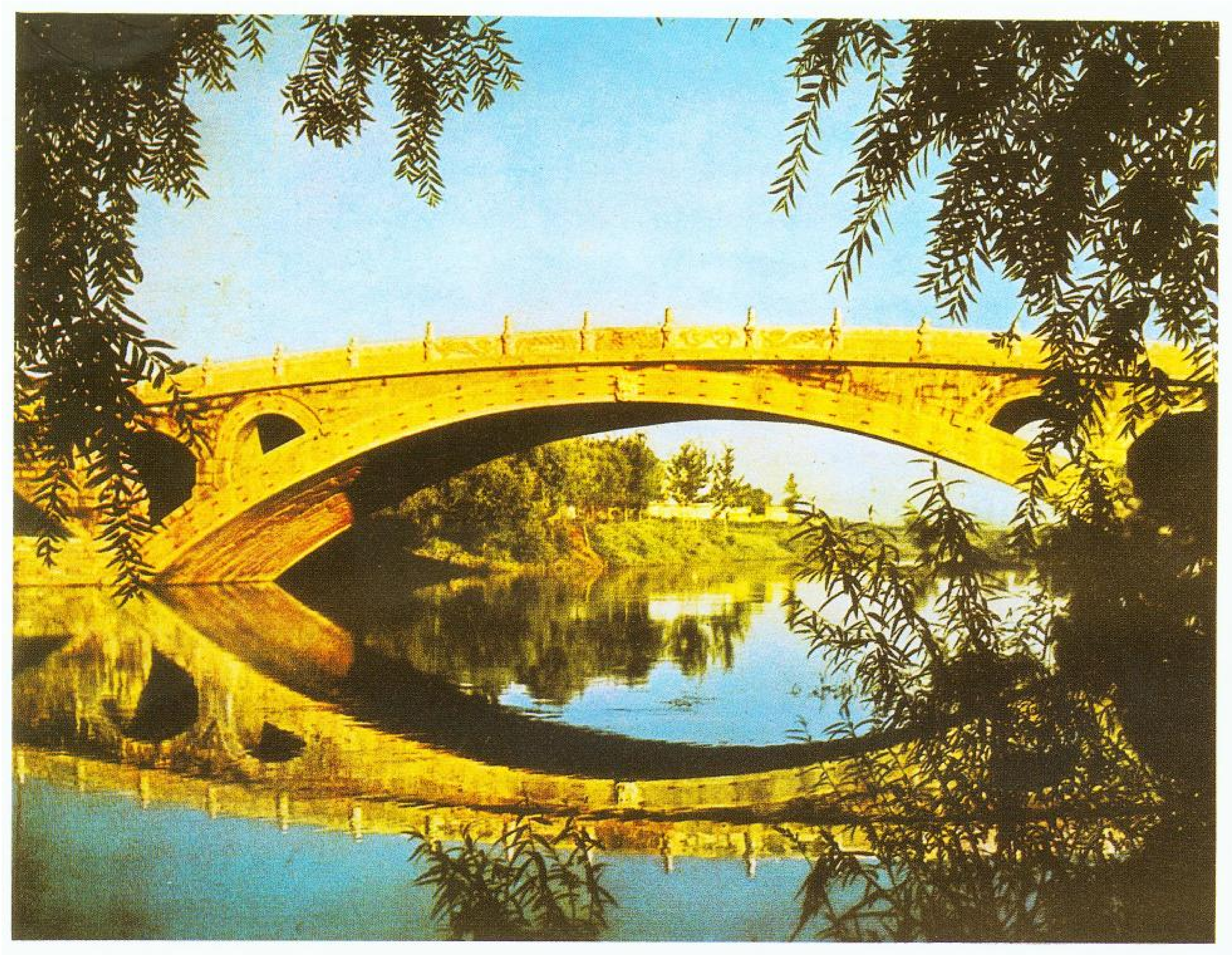


图15-6-2 河北赵县安济桥全景

量最多，每遇暴雨和山洪并流而下，犹如脱缰之马，奔腾咆哮，十分凶猛。给洨水两岸居民和来往行人带来了极大的不便。当地广大人民早就渴望修建一座既牢固，又便于行船的桥梁，当时冶铁等科学技术有了很大进步，砖石建筑经验的不断积累，这都为建造一座"奇巧固护，甲于天下"的大型石拱桥提供了必要的条件。我国最早见于记载的石拱桥，是北魏地理学家郦道元《水经注》中所写到的洛阳附近的"旅人桥"，要比赵州桥早三百多年。可惜这座桥并没有保存下来，而李春建造的赵州桥，根据他丰富的实践经验，经过周密考察，继承和发展了前人的造桥经验和成果，发挥了高度智慧和创造才能。他根据交通运输的实际需要和自然环境特点，就地取材，大胆创新，竟将拱券结构原理移用到桥梁建筑上来，成功地在波涛滚滚的洨水之上建造了一座舟楫航行其下，人马车舆通过其上的大型单孔圆弧形平拱石桥（亦称"敞肩拱石桥"）。这座大型拱桥由南到北跨越洨水，接通了南北大道，为水陆运输提供了方便的条件。它在砖石结构拱桥中，创造了独具风格，建筑奇巧的新颖拱桥结构，同时，桥的造型艺术也达到了非常精湛的程度，为我国桥梁建筑史上揭开了新的篇章。

赵州桥建成后，各地仿效者甚多，赵州境内后来又建筑了永通桥（也叫做小石桥）和济美桥。此外，在山西晋城的有景德桥，亦名沁阳桥，山西崞县的普济桥，贵州兴义木卡桥等等，但是都不及李春建造的赵州桥跨度巨大。赵州桥经历了一千三百多年风雨浸蚀、洪水冲击，多次强烈地震以及频繁的车马行人的考验，至今巍然横跨洨河之上。经过这样漫长岁月而保存下来的敞肩拱石桥，在世界上也是十分罕见的。

四 喻 皓

我国历史上的北宋，结束了延续五十多年的五代十国分裂割据局面，重建了统一的中央集权的封建王朝。国家的统一，有利于社会经济的发展，农业、手工业出现了新的繁荣，科学技术也有了很大的进步，我国古代木结构建筑技术和建筑艺术到这时也已经具有很高的水平。

当时，有个著名的木匠叫喻皓，他一生绝大部分时间是在钱镠、钱弘俶统治下的"浙东"一带度过的，他的木工技术十分高明，工作经验也很丰富，号称"有巧思超绝流辈"[4]。他看到我国建筑技术已经相当成熟，但却没有一本记述建筑技术的专书，以致广大劳动工匠的智慧和创造长期被埋没，先进经验得不到重视和推广，于是他总结了前人和自己的实践经验，写成《木经》这本书，共三卷。这是出自我国劳动人民之手的最早的一部介绍建筑技术经验的专书，是当时很有价值的科学技术著作之一。宋初，曾刊行于世，到十一世纪末，沈括说："近岁土木之工，益为严善，旧《木经》多不用，未有人重为之，亦良工之一业也"[5]。《木经》的原书没有被流传下来，但据沈括的记载，这是讲房屋建筑工程的书，它把房屋建筑分为"三分"，也就是分成三段，"自梁以上为上分；地以上为中分；阶为下分"。每一"分"都有具体规格，如建厅堂法，梁与榱的"配极"规定是："凡梁长几何，则配极几何以为榱（圆椽）等，如梁长八尺，配极三尺五寸"，这是"上分"。"中分"的规格主要是楹(柱子)高与榱的比例关系，"楹若干尺则配堂基若干尺以为榱等，若楹一丈一尺，则阶基四尺五寸之类，以至承栱、榱、桷（方椽）皆有定法"（以上引文均引自《梦溪笔谈》）。屋外的阶梯又分为峻、平、慢三种，各有具体标准。这里所介绍的厅堂法之类的建筑分"三分"进行设计和施工，以及木结构的主要规格，绝不是喻皓，《木经》的全部内容，仅是一个方面的例子或全书的纲领，从这里可以看出《木经》的大概情形和科学水平。

喻皓的建筑实践和他的《木经》对宋代建筑技术的发展有很大影响，喻皓的建筑经验是相当丰富的。北宋初，杭州城南宝塔寺建造一座木塔，才盖到两三层时，人走上去就感到塔身摇晃，造塔的工匠没有办法，就去求教于喻皓。喻皓说：这个问题好解决，只要逐层安装木板以后，用钉子钉紧就可以了。匠人回去按他的办法做了，塔身果然稳定了，因为木板上下紧结，使塔身六面相连，象个箱子一样，人走在板上，六面同时受力，自然就不摇晃了。从此，人们更加佩服喻皓建筑技术的精湛，他成了全国闻名的建筑师。

河南开封有一座开宝寺塔，是当地几座塔中最高的一个，也是喻皓建造的。这座塔八角形高十一层，非常精巧，传说喻皓先做模型，然后施工。他针对开封地势平坦无山，又多西北风的实际情况，设计塔身向西北方向稍微倾斜，以抵挡当地主要风向的压力，预计此塔建成后一百年内可以被风吹正，并预计这座塔可存在七百年。另一说法是，他认为："一百年则北隅微垫，而塔正矣"[6]。他高明的技术博得了当地人们的喝彩，夸他"用心之精盖如此"。虽然这座塔在宋仁宗庆历四年（1044年）遭受了火灾，以后又经历了多次水灾，至今痕迹无存，但这一事例表现了喻皓的刻苦钻研和大胆创造的精神。

北宋以后，中国封建政权开始全面走下坡路了，统治阶级一贯鄙视劳动，把从事生产劳动和科学技术的人看作"贱工"。因此，虽然喻皓是我国历史上杰出的工匠，擅长高层木结构建筑和厅堂之类的建筑，可是关于他的生平事迹文献记载下来的太少了，仅知道他是建筑部门的"都料"，是负责全面设计、施工工作的。开宝寺塔建成后，"皓求度为僧，数月死"[6]。

喻皓的专业成就和生平事迹同其他劳动人民的创造发明一样，没有人做详细的记述和总结，而长期被埋没了，不但《木经》失传，他的生卒确切年代不详，而且连名字也不准确，在为数很少的文字记载中，就有"喻浩"、"预皓"、"预浩"等不同写法。

五 怀 丙

怀丙是北宋仁宗时僧人，《宋史·方伎传》有他的传记。他自幼爱好工程技术，并且肯勤奋学习，刻苦钻研，因而精通工艺。他生长在真定（今河北正定）。民间流传着许多关于他的故事，这些故事都是建筑工程施工方面的。

第一件是怀丙打捞铁牛的故事。这件事在《宋史》上记载得很清楚。当时河中府有一座大浮桥，在浮桥的两岸没有桥墩也没有大桩子，而是只用了八只大铁牛当作桩子把浮桥拉住。一只铁牛就有几万斤重。一天忽然下了大雨，河水猛涨，把浮桥冲坏，铁牛也沉到河底去了，由于铁牛份量重，沉到河底之后还陷入到泥沙里面。这样重的铁牛又到河底，谁也没有办法把它们打捞起来。最后还是由怀丙想出了办法，很快的把这批每只重达几万斤的铁牛捞了起来。他的办法是用两只木船，先在船上装满了沙土，在两只船之间绑上大木梁。大木梁上系上大绳索，用绳索的一头下到水中捆着铁牛的头角。然后逐渐把船中的沙土挖出，同时用钩子钩松铁牛旁边的淤土。船去掉原来装上的沙土就浮起来了，铁牛也就被抬了起来。

象这种利用水的浮力提升水上水下重物的施工方法，在我国古代建筑工程中屡见不鲜，尤其是架设水上建筑物和桥梁，是一种重要的方法。至今福建沿海各地保存的宋代大石梁有的重达十万斤，就是利用潮水涨落，借用水的浮力而架设的。

第二件是怀丙巧换塔心柱的故事。怀丙曾经在真定建造了一座十三层的木塔，非常高耸挺拔。但经过几十年以后塔的中心柱的中段忽然坏了，整个塔有向西北倾倒的危险。工匠们都想不出办法来保护这一塔的安全，因为塔的中心柱中段正是吃力的地方，很难修补或是更换。弄得不好不仅塔要塌下来而且修理的人也很危险。人们最后还是把怀丙请来。他分析了塔的倾斜原因和中心柱中段损坏的情况之后，测量了中心柱中段的长短，另外做了一根与损坏了的中心柱同样大小的木柱，用绳子把它系了上去，让人都躲开，以免塔万一发生危险时伤了人，然后他自己钻进塔内，不久即把损坏了的柱子更换了下来。他这种更换柱子的方法即是所谓的“偷梁换柱”的办法。这个办法就是今天常用的“墩接”柱子的办法，现在修整古建筑还在采用。其法先把建筑物的上部重量用柱子从周围支顶起来，柱子就压紧结合在一起了。接上去的新柱子还要用榫卯与原来的旧柱相扣接。

《宋史》上还有怀丙用巧妙的方法拨正赵州桥的记载。但没有说明拨正的什么部位，使用的什么方法。据常理推断可能是拨正赵州桥的局部拱券或是桥上栏干等局部构件。

六 李 诫

北宋官方颁布的《造营法式》是一部优秀的建筑工程技术史籍，至今仍闪烁着灿烂的光辉。这部巨著便是由李诫编著的。

李诫的生平事迹不见于正史记载，仅有一篇墓志铭，由傅冲益作，收入程俱的《北山小集》中，现仅能从这篇墓志铭中得知李诫的简历。

李诫字明仲，河南郑州管城县人，出身于官僚家庭。在元丰八年（1085年），李诫20岁时，趁宋哲宗登位之机，由当时任职河北转运副使的父亲，替他补了一个小官——郊社斋郎，不久调任曹州清阴县尉；到元祐七年（1092年）入将作监任主薄。绍圣三年（1096年）升为将作监丞，在此期间他所主持修建的五王邸建成，到崇宁元年（1102年），便被提升为将作少监。在担任将作少监期间又主持建成了辟雍，被升为将作监。此后龙德宫、棣华宅、朱雀门、景龙门、九成殿、开封府廨、太庙、钦慈太后佛寺等建筑，在他的领导下陆续建造起来。他的官职也从丞务郎升至中散大夫，大观四年（1110年）二月卒。

李诫的一生中有十几年都在将作监任职，领导修建的建筑工程是相当多的，因此使得他能有较多的机会接触实践。在他进入将作监工作六年以后，他已经对建筑行业的技术比较精，这样便于绍圣四年（1097年），奉旨重编《营造法式》。从《营造法式》编写的特点确实可以看到李诫的才能，他既能考究经史群书，总结前人经验，继往开来有所创新，把前人的传述与当代技术成就融而合一，又能重视吸收广大劳动工匠的智慧。他公开申明编著法式时由“人匠逐一讲说”各作制度，把工匠世代相传、经久可以行用之法写入了制度的条文，对于具有官职身份的李诫，在封建等级森严的制度下，能作到这点也是难能可贵的。正因为如此，才使《营造法式》摆脱了元祐年间所编法式的“只是料状，别无变造、用材制度”、徒为一纸空文的面貌，而成为渗透着劳动工匠智慧和才能的巨著。他将“有定式而无定法”的变造、用材制度，贯穿各作制度之中，使制度文学简练、条理井然，不但具有相当的科学性，而且有较大的适应性，使得在“营造位置尽皆不同”之时，均可行用。

李诫之所以能够把工匠手中分散的，不系统的经验，加以整理、纂辑，当然与他的工作实践是分不开的，但同时也与他的学识基础有密切的关系。他有着饱览经史群书的优越条件，他的家藏书籍达数万卷，而他自己又亲自手抄过数千卷，他还擅长于书法，能写篆、籀、草、隶；并兼长绘画，曾绘有五马图。此外，他还著有《山海经》十卷，《续同姓名录》二卷，《琵琶录》三卷，《马经》三卷，《古篆说文》十卷，《六博经》三卷等。这些可能是他对地理、历史人物、文字学等的研究成果，遗憾的是这些书籍均已失传，使我们难以评介李诫的渊博学识。

七 杨 琼

河北曲阳县黄山，自古盛产白石，多用以制作碑志、栏楯、础石以及佛像诸物，是一处开采石料的基地。所以环山诸村石工辈出，历史上曾出现过不少能工巧匠，例如曲阳县的杨琼就是元代一位杰出的石匠[7]。

杨琼世居保定路曲阳县西阳平村，其父杨德和兄杨进祖辈相传，皆以石工为业。由于家境贫寒，杨琼从青年时期就当了石匠，和叔父杨荣同艺学徒，生长在这样的石匠家庭里，薪火相传，在艺业方面对于他自然有很多影响。但他并不满足现状，而是一个很有进取心的青年，肯于刻苦钻研，经过不断努力，终于成为一名技艺熟练的石工。能根据石料的颜色和纹理特点精心设计，天巧层出，人莫能及。例如他曾为曲阳北岳庙雕刻了一只尖鼎炉，形态优美秀丽，工巧绝伦，由于技艺高超，博得了人们的赞尝，故有巧匠之称。

元中统初年，蒙古贵族阶级为了奠定政治中心，巩固元帝国的封建政权和贪求生活上的奢华享受，乃大兴土木，营建两都（上都、大都）宫殿和城郭[8]。从全国各地征调大量建筑工人和手工艺工人，投入了空前规模的建筑活动。因之，杨琼以名匠身份被征召来都供役，和其他有专门技艺的手工业工人一样被编入“匠户”。朝廷上便委派他负责管领燕南诸路石匠，承担石作工程的设计施工任务。

在大规模的宫殿、园林与桥梁的建筑工程中，杨琼发挥了卓越的设计本领和组织能力。例如修建西苑兴圣宫时，他就是主要设计师之一，在石作方面创造了十分优异的成绩。杨琼后任大都等处山场石局总管[9]。

至元九年（1272年）兴建朝阁大殿，朝廷责成杨琼领工兴造，从大都附近拨匠户五千供役。忽必烈又命其总管大匠，主持营造内府宫殿、寺观、桥闸石材三役。至元十二年（1275年）又担任采玉石提举的官职[10]。

至元十三年（1276年），皇城棂星门内架造周桥，采纳了杨琼的设计方案，并责成他主持这一工程。不久，桥工告成。新建的三座白石桥横跨在河道上，栏楯遍雕龙凤祥云，明莹如玉。桥下还雕作白石龙四条，擎戴水中，十分壮丽[11]。

至元十七年（1280年），元世祖忽必烈作行宫于察罕脑儿（今陕西横山县北），派杨琼主持宫殿、凉亭、石洞门和石浴堂等项工程，显示了卓越的设计水平和组织才干[12]。

由于元初在兴建两都宫殿及察罕脑儿行宫中，杨琼以名匠身份供役部门，曾为统治阶级效过大力，成绩显著。因此，至元二十四年（1287年），升为武略将军判大都留守司兼少府监。

至元二十五年（1288年）杨琼病死，他的子孙侄辈们世袭其职，历任采石局大使。

杨琼生平所营造，如两都宫殿及察罕脑儿行宫等宏伟华丽的建筑物，虽已荡然无存，但从《故宫遗录》及《昭俭录》、《辍耕录》诸书中留下了珍贵的历史资料。

按杨琼本系贫苦石匠出身，卒以艺业精湛，在两都营建中，博得了统治阶级的赏识，以石工得官，进入了统治阶级的行列。但从建筑技术史的成就来讲，杨琼一生曾作出了许多贡献，并培养了几名在技术上很有水平的徒弟，如杨谅、王浩等人，在大都留守司任采石司大使或提领职务[13]，都主持过不少重要建筑工程，使杨氏的技术传统得以传宗接代，为石作技术的发展发挥了历史作用，因此，杨琼是值得传记的一名哲匠。

八 蒯 祥

在中国建筑史上，明代前期能工巧匠蒯祥的

名字，总是和明北京城紧连在一起的。

明北京城是明朝在元大都的基础上，继承历代都城建设的经验，改建和扩建而成的。整个城市可分为外城、内城、皇城和宫城，部署规划性很强。

明代在修建北京城的宏大工程中，先后出现了不少杰出的工匠，蒯祥就是其中著名的一位。

蒯祥（1397—1481年），南直隶苏州府吴县胥山（今江苏省苏州地区吴县胥口）人。苏州水道纵横，湖面罗布，是著名的水乡城市。沿河延伸的街道，临水而筑的房舍，挺秀优美的拱券桥，淡雅精巧的园林，构成了柔和而富于变化的水乡画卷。这在他的心里留下了难忘的印象。

蒯祥出身于一个木匠家庭。他的父亲蒯福，因为技术熟练，经验丰富，被选拔为统率各匠的“木工首”；永乐中，“能主大营膳”，是当时的能工巧匠之一。在当时匠艺必有师承、不妄接受的历史条件下，这样的家庭环境，给他提供了学艺条件，使他从小就受到建筑学的熏陶。那时候，工匠世袭，不得脱籍。所以蒯祥成人后，象他父亲一样，当了木匠（倒工），成为一名手工业者。

大约在青年时代，蒯祥来到当时明王朝的都城南京，由于他勤奋学习，刻苦钻研，不断实践，积累经验，终于“精于其艺”，成为当时知名的工匠。不久，蒯福以老告退，蒯祥遂代承父职，为“木工首”。

蒯祥的青少年时代，正是明成祖统治时期（1403—1424年）。那时候，明朝的社会经济得到恢复和发展，国力大大增强了。明成祖决定迁都北京，并于1417年（永乐十五年）下令在北京掀起大规模的营造高潮。

由于蒯祥技术高超，他被选拔为重大工程的设计师，与阮安、蔡信、杨青等分工负责，周密配合，营建北京城及宫殿。永乐十五年后建北京宫殿庙社，在营造上更受信任和重用，直至1481年（成化十七年）三月“卒于位”。由蒯祥参与设计、营造的工程，部分至今犹存。它们凝聚着蒯祥等工匠夫役的心血和汗水。

如上所述，蒯祥的建筑活动从明成祖永乐年间到明宪宗成化年间，“能主大营膳”，是半个多世纪的著名建筑工程师。而其主要事迹则在明英宗正统年间（1436—1449年），史载“自正统以来，凡百营造，祥无不予”[14]，“正统中重作三殿及文武诸司，效劳尤多”[15]等可证。那时候，他的匠艺达到了炉火纯青的程度。“凡殿阁楼榭，以至回廊曲宇，随手图之。”[16]“能以两手画双龙，合之如一”[17]。他不仅巧思善画，而且能目量意营，准确无误；指挥操作，悉中规制。“每宫中有所修缮……祥略用尺准度，若不经意，既造成，以置原所，不差毫厘。指使群工，有违其教者，辄不称职。”[18]这些记载，生动地表现了他的才干和技艺。因此有“蒯鲁班”的称号。

明宪宗成化以后，江南木工巧工皆出于香山，这与蒯祥的影响是分不开的。

建筑在阶级社会里是反映着阶级性的，高级豪华的建筑，作为物质财富，往往被统治阶级所占有，或用以满足其奢侈腐朽生活的需要，或用作统治和剥削劳动人民的工具。蒯祥毕生从事宫殿、庙社、官署、府第和陵寝的营造，他是为封建统治阶级、特别是为封建帝王服务的。但是，这些建筑不同程度地体现了我国古代建筑的精华，蒯祥对祖国建筑有不可磨灭的贡献。

明王朝为巩固其反动统治，要弄以匠治匠的欺骗手段，在工匠中物色对统治者俯首贴耳而又技术熟练者，充当匠官，监督工匠，为统治者效劳。蒯祥就是其中典型的一个，他由于“为人恭谨详实”，而又“精于其艺”，被吸收进工部。此后，随着时间的推移，自工部营缮所丞，而太仆寺少卿，而工部侍郎、左侍郎[19]。

九 徐杲

徐杲是明代中期重建“三大殿”的一位匠师。他是明代中叶嘉靖、隆庆年间（1522—1572年）人。在他所处的时代，政治腐败有增无已，土地兼并日趋激烈，赋税徭役日益加重，致使广大劳动人民陷入苦难深渊。徐杲出身于贫苦的家庭，从小没有入学读书的条件。为了谋生，他学手艺，作木工。作为手工业者，被搜括束缚于匠籍，没有人身自由，没有社会地位，被奴役，受歧视，受压迫和剥削。就是在这样艰苦的环境里，他认真学习匠艺，努力钻研技术，成为当时有名的工匠。

明世宗嘉靖时期，大兴土木，营建宫殿。为此在全国征工，徐杲以其匠艺著称，也在被征之列。他应征服役来到北京，参加明宫的建设。作为“匠役”，被当时人誉为“近代之公输”，“其巧侔前代而不动声色”[20]。他由于技术精湛、经验丰富，逐渐被拔擢为重大土木工程的设计师和建造指挥者。

当时的重大土木工程，莫过于北京宫殿的建设。1557年（嘉靖三十六年）十月，奉天、华盖、谨身等三殿遭火灾，延烧文、武楼、奉天、左顺、右顺及午门外左、右廊尽毁[21]。明世宗决定尽快重建。奉天、华盖、谨身合称“外朝”“三大殿”，是明代封建统治者掌管和行使反动权力的中心，是他们从事反动政治活动的主要场所，是封建皇权的象征，在整个宫殿中最为重要，要重建就要保持原来庄严的格局、宏伟的气魄，在尺度、形式、质量、色彩等方面，都要达到最高水平。这在当时的生产水平和技术条件下，不能不说是一项最大的工程。要设计并指挥完成这一工程，当然是一个极其艰巨的任务，没有高超的水平和卓越的能力，是根本无法完成的。事实也正是这样。徐杲的前任们皆因养尊处优和庸碌无能而被撤免。就是在这样“冬卿（工部长官）尤难称职”，众人望而生畏的情况下，作为一个地位卑贱的普通木匠的徐杲和雷礼1）一起挑起了宫廷建筑设计和指挥的重担。

按照明世宗的意图，为了便于朝谒，首先于1557年（嘉靖三十六年）10月重建奉天门。徐杲“躬自操作”，亲自参加施工，翌年7月即落成。1559年（嘉靖三十八年）10月，“三大殿”兴工。“三大殿”初建于1420年（明永乐十八年），次年即毁于火灾，洪熙、宣德两朝，不曾修缮。直至1440年（正统五年）才开始重建，次年建成。从那时到嘉靖三十八年，已经将近一百二十年之久。当时还没有详细、准确的建筑设计图样，随着岁月的流逝，工匠们大都不明白原有的规模和制度了，只有徐杲还能够凭着他的记忆，估计出来。按照他的设计，1562年（嘉靖四十一年）9月建成后，竟然和原来的一模一样。“三殿规制，自正统间再建后，诸将作皆莫省其旧，而匠官徐杲能以意料量，比落成，竟不失尺寸。”[22]这个记载，充分显示了他对明宫式建筑的娴熟和杰出的设计水平。

在重建“三大殿”的施工期间，他总结经验，集中广大工匠的智慧，和雷礼同心协力，“易砖石为须弥座，积木为柱。”[23]所谓“积木为柱”，是指用加铁活拼合料代替整根的大木料作柱子。这不仅解决了当时由于山林空竭、采伐凋残而造成的大木奇缺以及运输不便等困难，而且提高了建筑质量，还节约了大量建筑经费，“省不可计，……然三殿之工，估者至数十百万，而费止什一”。

在“三大殿”动工的第三年，即1561年（嘉靖四十年）11月，西苑内永寿宫遭火灾。同年十二月“以三殿大工之余材，趣治永寿宫”[24]。“徐杲以一人拮据经营，操斤指示，闻其相度时，第四顾筹算，俄顷即出而劉材，长短大小，不爽锱铢”。[25]当时，明世宗就住在永寿宫附近的玉熙宫里，可是却听不到斧凿的声音。徐杲的才思是多么敏捷，匠艺是多么精巧啊！永寿宫于1562年（嘉靖四十一年）3月建成。从动工到落成，为时还不足四个月。这种高速度，在明宫建筑史上实属罕见，并且还节省了约二百八十万两白银的经费[26]。这与徐杲苦心经营，亲身实践，指挥有方，是分不开的。

徐杲不仅是个优秀的建筑匠师，而且还是个出色的水利工程师。他与雷礼相度规划修芦沟河堤就是一个例证。

芦沟河（今永定河）其上游为浑河，浑河上游为桑干河，这三河本是一水，源出朔州马邑县（今山西省朔县），流经太行山，入北京西南宛平县（今北京市丰台区和大兴、房山县的一部分）界，“东南流分为二派，东经通州高丽庄入白河，南经固安，至武清小直沽入海”[27]，常常溃岸成灾。嘉靖晚期，由于历年沙洲突起，下流填淤，河水改道，溃堤而决，奔腾咆哮，“触山阜，漂田庐，去西南百余里，行者病涉，耕者释耒，居者无宁宇。”[28]给沿河广大劳动人民带来了巨大的灾难。徐杲和雷礼受任治河。他们亲自查看芦沟河的水势流量，测量地形，制定治河规划，按照徐杲等设计的蓝图，“先浚大河，令岔河水归故道，从丽庄园入直沽下海”[29]；然后修筑河堤。共筑堤一千二百丈，高一丈多，厚两丈有余。堤

1）雷礼，明江西南昌府丰城县（今江西省宜春地区丰城县）人，官至工部尚书，在任十三年之久。因为勤敏，得到明世宗的信任和重视，曾经参与督修北京明宫“三大殿”和芦沟河堤。

皆“崇基密揵，累石重甃”[30]，鳞次栉比，远伸如鸟翅，高耸似城墙，“较昔所修筑，坚固仟佰倍矣。”[31]这一水利工程，从1562年（嘉靖四十一年）9月动工，到翌年4月竣工，为时只有八个月。此后芦沟河在一个相当长的时期内不再溃堤成灾，“而世宗朝，芦沟无患也。”[32]在水利上收到了一定的成效。

徐杲生活在明朝中叶，当时封建社会已经进入后期。就是在这样的历史条件下，徐杲从一个普通的木匠，成长为多才多艺、兼通建筑和水利的著名工程师，在他前进的道路上，不知冲破了多少险阻。

明朝统治者为了扩大自己的社会基础，欺骗劳动人民，巩固自己的反动统治，袭用元朝统治者擢用熟练工匠为工程和手工业方面管理官吏的手段，在工匠中间挑选，诸如木工蒯祥、蒯义、蒯钢、蔡信、郭文英、杨青、石工陆祥等，充当工部各级官吏，徐杲就是其中突出的一个。徐杲的阶级地位从此发生了根本的变化。但是，他设计修治芦沟河，筑堤塞决，客观上对恢复农业生产，安定人民生活有利；他集中祖国建筑艺术的精华，设计重建了巍峨壮丽的“三大殿”等宫殿工程，对发展祖国的建筑技术和艺术有一定的贡献。

徐杲等创造的“积木为柱”，对后世有深远的影响。清代的建筑匠师继承并发展了这一崭新的建筑技术。整个的大木料极少使用，而大量使用加铁活的拼合料。如故宫太和殿和天坛祈年殿的柱子。而且使用铁活有发展，如故宫太和殿斗拱后尾及天花帽儿梁等处的交接，不似明代多凭榫卯的交结方法。这些都标志着木材加工技术的进一步发展。

十 郭文英

明代嘉靖年间（1522—1566年），统治阶级为了进一步巩固封建政权和生活上的奢侈享受，不惜耗散大量的财力、物力，驱使广大劳动人民为他们修建城垣、宫殿、陵墓和坛庙，继永乐朝之后，建筑活动出现了又一次高潮。因之，在工匠中曾涌现出不少优秀建筑家。木工郭文英就是其中一个。

据明万历《韩城县志》1）、清雍正《陕西通志》2）和明王世贞《弇山堂别集》3）等书记载，郭文英陕西韩城人，少年时期家贫，给地主放羊为生，嘉靖初年，适逢皇家大兴土木，下令全国征用建筑工匠。韩城县因户匠缺人，为了应付徭役，郭文英就以匠人身份来到北京，在工部抵役，当一名木工。由于他不仅聪明智慧，而且是一个有志钻研技术的青年人。在师傅的传授指导下，技术水平不断提高，终于熟练地掌握了一套木工技术，并积累了建筑设计、施工的实践经验，不久，便当上了“作头”。

郭氏当上了作头以后，曾参予了帝王庙、太庙、显陵、清馥殿、启祥宫、皇史宬、天坛皇穹宇、沙河行宫城及京师外城等工程的设计、施工。在这些建筑活动中，发挥了卓越的技术才能。特别应该指出的是皇史宬和皇穹宇两项工程，郭氏的贡献尤大。

皇史宬（在今北京市南池子）建于明嘉靖十五年（1536年），是专为皇家贮藏宝训实录而造的一座高大建筑。全部是用砖石构造的无梁殿，杰阁崔巍，不假寸木，坚实而壮丽，无论在砌体结构上或建筑造型上都达到了当时的高度水平[33]。

皇穹宇在天坛建筑群中，规模仅次于祈年殿，建于嘉靖十九年（1540年），是一部结构精巧的木构建筑，殿身为圆形，单檐攒尖顶，屋面盖蓝色琉璃瓦，檐下用溜金斗栱，柱梁结构巧用匠心，而且施工质量极其精良，反映了当时建筑技术的杰出成就。

郭氏因参加上述各项建筑工程中，成绩显著，曾多次受到奖赏。从作头升营缮所丞，历任所副、所正、营缮司主事、员外郎和郎中等职，后来又晋升为太仆寺卿，最后升任工部右侍郎，曾是显赫一时的匠作官[34]。

郭氏参予修建的建筑工程，有的今日尚巍然存在，其中可供欣尝者，有帝王庙，太庙和北京四郊的坛社。而皇穹宇和皇史宬两座建筑尤为郭氏的精心杰作。

十一 梁 九

梁九是明代末年至清代初年服务于工部，参加宫廷内许多营造事务，最后参加清故宫最重要的建筑——太和殿重建工程的一位匠师。关于梁九的生平及其建筑实践活动的传略，在古籍中记载甚少，就我们所知仅见清王士禛《梁九传》，兹引述如下：

“康熙三十四年（1695年）重建太和殿，有老工师梁九者，董匠作……，自前代至本朝初年，大内兴造梁皆董其事，一日手制木殿一区，献于尚书所。以寸准尺，以尺准丈，不逾数尺许，而四阿重屋（原文为‘重室’，疑有误），规模悉具。

“明之季，京师有工师冯巧者董造宫殿，自万历至崇祯末……，九往执役门下，……尽传其奥。

“一技之必有师承，……柳子厚（唐代柳宗元）作《梓人传》谓：画宫于堵，盈尺而曲尽其制，计其毫厘而构大厦无进退焉”。

根据原文第一段所述，可知如太和殿之类的钜构不同于凡例，必须先制造出精确的模型以辅助图样的不足，然后按图样和模型来施工。此项模型的制造也属于匠师从事营建的业务范围，也可以成为他们的特长。

大概在明代的早期（由洪武至永乐年间，时间在公元十四世纪至十五世纪初），在南京和北京有两度时间持续很长规模的巨大修建活动，属于工部的工匠曾参加过此次修建，此时宫庭建筑也巩固地形成完备的制度。以后北京方面修建频繁，明工部拥有庞大的技术队伍，主要从事于宫庭的营建。宫内修建设有专门指导的机构和专责的工师，梁九和他的前辈同属于这样的职守。

这里所说的手制木殿，大概属于宋代文献中所谓“小样”——原分为小样图和模型两类，这里指的是按一定比例缩尺制造的模型。所谓“以寸准尺，以尺准丈”，不过是说明“缩尺”的意思，并不说明它准确的比例尺度。古代文献中较早提到“缩尺”的是唐代柳宗元的《梓人传》，宋《营造法式》加以引用，在“举折之制”中详细叙述了“缩尺”之用于建筑图样中，可作为《梁九传》的补充。

《营造法式》论“举折之制”与“缩尺”的关系：

“先以尺为丈，以寸为尺……，侧画所建之屋于平正壁上，定其‘举’之峻慢、‘折’之圜和，然后可见屋内梁柱之高下、卯眼之远近”。

经过以上扼要的阐述，“缩尺”的作用就更明显了。

《梁九传》所说的“四阿重屋”，应作“重檐庑殿式”宫殿来解释，这与太和殿之类隆重的宫殿形制是相符合的。

《梁九传》另一段说到梁九与冯巧师徒之间的师承关系。中间还有一段曲折的经过，反映了在封建行会制度的条件下，技艺流传受到阻碍，使梁九最初学艺数行得不到冯巧的传授。在当时传授技术是籍操作示范和口语的流传。“薪火相传”表达了在极端困难情况下，热心于传授技术的匠师对工艺继续流传的重视。《梁九传》的作者由此指出“一技之必有师承”的结论。

《梁九传》末后转引《梓人传》一段，作者把梁九的工作和唐代的“都料匠等量齐观。”我们特加引《梓人传》中“画工于堵”的一段上文“善度材，视栋宇之制，量栋宇之伍，视木工之能举”。这样就能对所评价的工师的专长有全面的了解。

全段的大意是：要成就一幢建筑，首先要选择材木，按建筑物的用途和全部尺度，还要依据上部结构的受力情况和所用木材的强度来裁定材木的断面尺寸。此外，还要依照缩尺把建筑图样（主要是剖面图）画在空白的墙面上，画得很详细，很准确，这样建造起来的大厦就不会和图样有出入的地方。

从《梁九传》可以引出若干建筑问题：

（1）工师的专门业务，在古代文献中，“工师”名称始于战国时期，“大匠”始于汉代。在中国古代建筑发展的早期，匠师的创造才能得到更好的发挥，表现出“大匠造制”的作用。

宋《营造法式》把“大匠造制”与“规矩之设”相提并论。这是因为中国古代建筑在其进一步发展中，是以建筑的“定型化”和建筑业务的专业化为特征。各工种做法均有则例可循，匠师“造制”的作用逐步削弱。

清代宫廷兴造工作分别由“样房”和“算房”来担任。梁九做的也就是“样房”的工作，较全面地

1）万历《韩城县志》卷五：“郭文英韩人也，少为人牧羊，以户匠乏人，至京抵役。朝夕肄规矩，黾黾绳绳，久之以功力闻，为作头。自是见知世庙，每一工竣，则序劳晋秩，累至工部右侍郎，赐二品腿色”。又说“世庙钦崇醮典，营宫孔棘，匠师济济，擘画殿图，克当帝衷者，则推郭文英焉”。

2）雍正《陕西通志》卷六十四：“明郭文英陕西韩城人，聪慧善诙谐，常会诸缙绅，谈及起科经书辄笑，自谓不侫起家木径，众为绝倒”。

3）明王世贞《弇山堂别集》卷十：“工部右侍郎蔡信、郭文英，俱以木工而登大位”。

掌握营建业务，利用包括“模型”（烫样）在内的技术条件以处理较复杂的建筑问题。提出建筑设计方案，最后完成修建任务。

（2）“匠”和“材”的关系，古代文献概括提出营建大厦的要求“先择匠而后简材（选材）”。这是因为中国建筑自古就优先发展木结构，因此“为巨室必使工师求大木”乃是从建筑取材的要求出发。以后这个体系又有发展，随着建筑的定型化，便制定出用材标准。宋《营造法式》提出“凡屋宇之高深（即建筑物的平立面尺度），各物之短长（即建筑细部和构件的尺寸）曲直举折之势，规矩绳墨之宜，皆以所用‘材’之‘分’以为制度焉”。

明清之际，虽然改定了以斗栱上“斗口”为衡量标准，但定型化做法则又向前推进一步。“类例相从，条章俱在”，准此一个小模型所代表的“规模悉具”的木殿就不难用准确的尺度来完全表达其形制。

《梁九传》中所述的冯巧和梁九，都是长期参加宫廷建筑修建实践的老匠人，熟悉掌握既定的做法而能熟练地加以运用。他们的才智一点也不能离开实践。他们的技巧乃是从长期的劳动实践中得到的，而表现于不断的创造活动中。他们的技艺是有所“师承”也有所发展，代表了中国古代建筑的优秀成就。他们对于中国古代建筑技术的发展作出了贡献。

（3）建筑群体的设计。明清时期，宫殿建筑设计在群体观念上是有所发展，例见北京明清“故宫”建筑。梁九手制的木殿“一区”也表达了群体观念。

中国古代建筑多数都形成了大组群，清代“样房”留下一批模型和图样，都表达了设计已超出单体设计的范围，多数也是“成区”修建起来的。以上材料可以互相验证。

十二 样式雷

“样式雷”早期是宫廷的官工匠，到后期成为皇家专管工程设计绘图模型，是不在编的“书办”，或称为“先生”。由明代末年到清代初年世代相传的建筑专业世家。“样式雷”的始祖雷发达（1619—1693年），原籍江西省南康人，明代末年由江西迁居金陵。在清代康熙年初与其家兄雷发宣以工匠身份应征来到北京服役，参加宫廷建设。因为他们的木工技术卓越，很快地就提升担任宫廷建筑设计工作。

自从雷发达弟兄担任宫廷建筑设计以来，由他们二人及其子孙连续主持设计和施工，前后历经二百四十多年之久。凡是宫廷建筑设计图都是出自雷家之手，所以后人称呼雷家为“样式雷”。

清代宫廷建筑在初期是由雷发达为首的一些工匠，利用明代建筑进行全面修缮而成的。一切制度仍按明代原样。分为外朝和内朝两个大部分。自从重修以来，屡经复修，今天现存的太和殿是康熙三十六年重修的实物。

当康熙八年重修太和殿时，任务紧急，需要高大的楠木，以南方运输，时间耗费太久，赶不上工程需要，在匆忙中拆取明陵旧楠木料充用，当榫卯做好，等待典礼上梁。在封建帝王统治的年代里，宫廷中建造重要殿宇，在安装大梁、安吻合拢时，皇帝必须亲临行礼。太和殿是皇宫的正殿，康熙皇帝亲自参加典礼。当大梁升到高空时，榫卯悬而不合，致使典礼无法进行，这是在皇帝面前出了一个大事故，管理工程的官员们，慌恐至极，乱了手脚，在这万分焦急的时候，都没有办法解决，就赶忙请雷发达攀上梁架高处，使用斧头连续打击，榫卯很快就全部合拢了。康熙于是当面“敕授”雷发达为工部营造所的长班。后来便流传：“上有鲁班，下有长班”的故事。雷发达在北京工作三十多年，一直担任皇宫的设计工作。在长年累月的工作里，他把所积累的一些技术知识写成小册子，流传给后人。1693年，雷发达已经七十三岁，年老体弱病死在北京。

雷发达的长子雷金玉，继承其父业，继续担任工部营造所的长班，还掌管圆明园的楠木作，主持“样式房”的设计，在圆明园建设中发挥了精工巧匠的作用。自从康熙、雍正、乾隆起始，历代帝王多往来居住于郊区的苑囿中，以圆明园为主。圆明园开辟于康熙四十八年（1709年），到乾隆、嘉庆时期仍然进行大兴土木，在园内还设有“总理工程处”、“销算房”、“督催所”、“堂挡房”等机构。“样式雷”四世雷家伟继承先人继续建设圆明园，重点以东路设计和施工为主，通过这次建设园子更为完备了。前后经历达百余年间，曾被世界誉为“万园之园”，证明圆明园设计的高度成就。到了1860年英法侵略军和1900年“八国联军”全部掠夺和焚烧一光，暴露了帝国主义者侵略的罪行。

同治在朝期间内，复有重建圆明园的决议，“样式雷”六世雷思起经手掌案，又重新设计，对圆明园作了许多烫样（纸模型）。目前存留在故宫博物院的烫样，还有许多盘，这就是那个时候留下来的作品。

雷家伟、雷家玺、雷家瑞弟兄三人担任颐和园万寿山、静明园玉泉山、静宜园香山的三山三园的设计工作，这是“样式雷”又一次新的创造。

雷氏弟兄三人设计三山三园之外，还去热河设计承德避暑山庄全部园林工程。热河避暑山庄里的行宫周围四十多里，其特点，在园内包进了许多山岭，只有五分之一的平地。有名的“如意洲”水面围绕宫殿，林柏夹植其间，洲北万树园又是一种格局。园中处处为风景。

“样式雷”的第七世雷廷昌主持设计工作的时候，正当光绪年间设计三海的要求，雷廷昌重新经手设计三海。其实三海是在元代太液池的基础上建立的，明代开凿南海，于是成为北海、中海、南海这三个海子。雷廷昌整理三海工程，扩大设计增建许多亭台楼阁。

“样式雷”一家从清代初年设计地上建筑宫廷建筑二百年间，到清代后期还承担陵寝工程地下宫殿。清代入关以后九个皇帝分别葬于遵化县昌瑞山称东陵；易县永宁山称西陵。东陵有顺治、康熙、乾隆、咸丰、同治。西陵有雍正、嘉庆、道光、光绪。自雷家玺设计昌陵（嘉庆陵寝）之后，雷思起接着设计定陵（咸丰陵寝），到七世雷廷昌设计惠陵（同治陵寝）前后经历七十多年，在建设陵寝中积累不少经验。凡是陵寝中在地宫中之墙与门均进行发券，而券顶用砖块砌筑必须合拢，地宫中最大的一个券即是金券（地宫主室），但是金券合拢的，结果胜利成功了。雷廷昌接着设计慈安太后陵、慈禧太后陵工程都十分可观。其中的慈禧太后陵全部梁柱都用楠木素地贴金彩画，隆恩殿和配殿的内部墙壁均用磨砖对缝砌作，技术质量很高。东陵与西陵建筑制度大体相同，只在具体布置方面有所变化。

“样式雷”一家在宫廷建筑设计中的成就，还表现在绘图、烫样方面，尤为突出。建筑房屋绘制图样，早从隋唐就开始了，不过那个时候的图样还没有留传下来，仅在唐宋石刻上有建筑总图，间接可以得知。

“样式雷”的设计程度是根据总地盘图（实际测量的带有尺寸的图）进行设计，首先绘出章图（当时叫粗图），然后反复进行修改，再绘出详图（当时叫精图）。详图的种类，计有七、八种，例如平面图、局部平面图、总平面图、透视图、平面与透视结合图、局部放大图、装修花纹大样图等等。“样式雷”设计图样的尺寸规格，大体分为三种：按建筑实物的比例有百分之一（当时叫一分样）、二百分之一（叫二分样）、三百分之一（叫三分样）。最大的图样尺寸有九尺左右；最小的图样尺寸有二—三寸。建筑装修大样图，最大的图

“样式雷”世家生卒年表

姓名	字	世家关系	生卒年代	公元
雷发达	明江		万历四十七年至康熙三十二年	1619年—1693年
雷金玉	良生	发达之子	顺治十六年至雍正七年	1659年—1729年
雷声澂	藻亭	金玉幼子	雍正七年至乾隆五十七年	1729年—1792年
雷家伟	席珍	声澂长子	乾隆二十三年至道光二十五年	1758年—1845年
雷家玺	国贤	声澂次子	乾隆二十九年至道光五年	1764年—1825年
雷家瑞	徵祥	声澂三子	乾隆三十五年至道光十年	1770年—1830年
雷景修	先文	家玺三子	嘉庆八年至同治五年	1803年—1866年
雷思起	永荣	景修三子	道光六年至光绪二年	1826年—1876年
雷廷昌	辅臣	思起长子	道光二十五年至光绪三十五年	1845年—1909年

纸和实物相等。从遗留下来的部分图样，完全可以看出“样式雷”的一些表现方法，具有创造性。它和今天建筑设计图的表示方法，有一些相似的地方。特别是其中的平面图里绘出个体建筑的透视图，这种互相结合的表现方法，是一种创造性的方法。

在图样的基础上，还制做“烫样”，这又是一项独特的创造。制做建筑模型，在唐宋两个朝代已经开始了，当时叫“木样”，那个时期修明堂建辟雍等大建筑时，匠师们往往先做模型，根据模型经各方面的审核确定以后再进行动土兴建。不过那时的模型制做式样比较简单。“样式雷”的“烫样”采用草板纸制做，墙身分片安装。屋顶用沥粉烫出瓦垄，可以灵活摘取，观看房屋内部，这个方法是制做模型中的好方法。

自从雷发达开始，“样式雷”一家七世一直主持宫廷建筑，担任各种工程，负责“样式房”的各种设计，曾被称做“样式雷”、“样子雷”、“样房雷”等称号。他们的设计水平突出，超过一般的木工匠师。他们的工作是为封建统治阶级服务的，但他们的技术成就是属于劳动人民的。清代宫廷建筑全部保留到今天，使我们看到先人的创造经验，是一份十分可贵的遗产。

参 考 文 献

[1]《史记》卷九《吕太后本纪》。
[2]《史记》卷十九《惠景间侯者年表》。
[3]《文选》班固《两都赋》，张衡《两京赋》、《三辅决录》。
[4]李濂:《汴京遗迹志》卷十。
[5]沈括:《梦溪笔谈》卷十八。
[6]欧阳修:《归田录》。
[7]见清光绪《重修曲阳县志》卷十九。
[8]见《元史·列传·刘秉忠》。
[9]见清光绪《重修曲阳县志》卷十九，工艺传。
[10]见朱契:《元大都宫殿图考》第六章。
[11]见肖洵:《故宫遗录》。
[12]同上。
[13]见清光绪《重修曲阳县志》卷十三，金石录。
[14]焦竑:《国朝献征录》卷五十一。
[15]黄瑜:《双槐岁钞》卷八。
[16]皇甫录:《皇明纪略》第34页。
[17]《吴县志·人物志·艺术》。
[18]同上。
[19]《资治通鉴》三编。
[20]谢肇淛:《五杂俎》卷五，第145页，中华书局，1959年版。
[21]见《日下旧闻考》卷34引《明世宗实录》。
[22]《日下旧闻考》卷34引《明世庙识余录》。
[23]焦竑:《国朝献征录》卷50。
[24]《明会要》卷72《方域》二《宫殿杂录》引《明世宗实录》。
[25]沈德符:《野获编》卷2《列朝·工匠见知》。
[26]见焦竑:《国朝献征录》卷50《工部》一《少傅工部尚书雷礼传》。
[27]蒋一葵:《长安客话》卷4《郊坰杂记·芦沟河·芦沟桥》。
[28]袁炜:《敕修芦沟河堤记》。
[29]、[32]刘侗、于奕正:《帝京景物略》卷3《城南内外·芦沟桥》。
[30]、[31]袁炜:《敕修芦沟河堤记》。
[33]见《世宗实录》。
[34]同上。

中国古代建筑技术大事年表

表　例

1.本表年次，起自原始社会至封建社会结束（即公元1840年）止。

2.本表以公元为次序，附朝代纪年。周召共和（公元前841年）前的年数，各书互不一致，今以范文澜《中国通史简编》为准。

3.本表材料编次：

（1）文献或建筑本身有明确年代记载，依所记年代排次。

（2）无明确年代者，按其可能之上下限范围，列于朝代、世纪之开始。

（3）年月不明而有他事可参考，以他事所记年月排次。

（4）考订实物证明与原记年次有出入，以考订者排次。

4.凡与建筑技术无重要关系本表一般不列。

5.本表所引资料来源不另附注，可查阅本书各有关章节。

6.本表受资料所限，建筑技术发展连续性不够完整，附之编末，谨供便利查阅索引之用。

*　　*　　*

公　元	朝代纪年	大　事　及　成　就
距今约五十万年前	旧石器时代早期	人类找寻近水天然洞穴群居。据北京周口店龙骨山遗址实例，洞内空间高10米，长宽14×80米。洞内利用火种作照明及烧烤食物。 上古人类少禽兽多，在密林地带也有采用树居的，史称“构木为巢”。
约七千年前至五千年前	新石器时代河姆渡文化、良渚文化	浙江余姚河姆渡新石器时代遗址发现木框架结构房屋。其单幢建筑纵向有达六七间以上，跨距达5—6米者。底层架空用木楼板，说明当时已有“干阑”式房屋。木构件按不同用途加工成桩、柱、梁、板，并已经采用榫卯。有凸字形方榫、圆榫、长方形或圆形卯眼和企口木板。加工采用石楔和骨凿等。 河姆渡遗址上层（约五千八百年前），有井干式木框架做的井壁。这是已知最早的井。 良渚文化遗址（约五千年前）中，在浙江吴兴钱山漾，由于多水潮湿，还曾发现过高出地面的桩上建筑。
约七千年前至五千年前	新石器时代仰韶文化	陕西西安半坡村发现面积较大的氏族社会村落遗址。村落位于浐河东岸台地，近河是居住区，北面是墓葬区，东有窑址。从居住区由西北向东有长而宽的深沟，这是城墙没出现之前用来作防御兼作排洪用的。 半坡房屋遗址作圆形或方形，圆形直径5—6米，内部有柱，四周密排一圈小木柱构成木骨泥墙。上部可能是圆锥形草顶。方形4×4米，完全用柱承重，柱子东西三列，每列四根，共十二柱，近似一座三开间的房屋。郑州大河村仰韶遗址也曾发现过四开间的房屋，说明这时用柱承重，以间为单位的联排房屋已经萌芽。 郑州大河村仰韶遗址房屋内地面用石灰拌粗沙抹面，说明这时已能在姜石或蚌壳中取得少量石灰，用于建筑。 洛阳王湾发现同时期遗址200平方米方形房屋，已在墙下挖基槽，槽内基础是用填硬烧土块或卵石的做法。这是最早的人工基础。 河南陕县庙底沟仰韶早期方形浅穴，面积6×7米，深34—86厘米。门南向，有狭窄斜坡通至室内，近门有灶坑。居住面光滑坚实，用草泥土垫成并抹平烤坚。中央有四个对称的柱洞，垫有天然砾石作柱础。周围墙上也有排列整齐的柱洞，说明当时已用屋顶支架及木骨泥墙。仰韶时期半坡遗址晚期，有屋顶窗口，用泥圈做凸缘；房屋并有泥塑图案装饰。
约四千八百年前至四千三百年前	新石器时代龙山文化	河南陕县庙底沟龙山竖穴，深1.24米，穴壁直立，径2.8米。东面有阶梯形门道。居住面及台阶上均涂有白灰面，墙面也涂有一部分。穴口周围残存柱洞十一，柱径细小，等距离排列。穴底中心有较粗柱洞，屋顶应是圆锥形式。 河南龙山袋穴很多，穴底多铺红烧土块，上为白灰面层，土台也是白灰面。可知当时白灰用量很大，并已能烧制白灰作建筑材料。至红烧土是由一般泥土加工烧制。也有烧土内掺茅草或植物枝干做筋骨，它的可塑性比一般红烧土要好。另外有黑色硬土，它的火度比红烧土还高。烧制陶器的窑壁里面用这种硬土，既耐火，又坚固，是当时较高级的建筑材料。 河北邯郸涧沟龙山遗址有两座陶窑，都分别紧靠住房附近的水井，说明水井实物在新石器时代已经出现。 河南汤阴白营遗址，房屋周围墙脚有草拌泥敷成散水；室内地面采用夯筑做法。这是目前所见最早夯土。 河南永城王油坊的龙山文化遗址，屋内壁用土坯砌筑，错缝，用黄泥浆粘结。这是所知最早的土坯。
约五千年至四千年前	细石器文化	内蒙古赤峰东八家，南面临河，北是陡岭，140×160米范围四周发现不规则天然石块墙。残存最高有1.5米，断面阶梯形，上宽1.2米，墙内有住宅遗址及石台，可能是我国北方渔猎生产时期氏族聚居之处。 黑龙江依兰县倭肯哈达洞在半山腰，长12米，高2米，宽1.5米。两壁一侧为天然石岩，一侧外半段用大石块铺成，洞底也铺大石条，长2米，厚1米左右。洞顶用长2.5—3米，宽1.5米以上，厚50—60厘米大石板铺成，上盖1米厚碎石黄土，这是半天然半人工的洞穴，较旧石器时代之纯用天然洞穴进了一步。 辽东半岛遗留有石棚（巨石建筑）。 黑龙江东宁县原始社会住房遗址，有火墙遗迹。烟道由房屋西南隅经西壁、北壁至东北角通向室外。
距今约三、四千年	商早期二里头文化	河南偃师二里头遗址房基，在柱子洞的底部分别填有碎陶片、紫褐土和料姜面各一层，并经过夯打。这样可使基础坚固干燥防止木柱受腐，在基础做法上又提高一步。房屋基址已采用夯筑技术，惟房基面涂白灰的技术，在这一文化遗址中不常用。 二里头遗址又发现石甬路一条，东西向一段长10.5米，宽35—60厘米，东端呈90°折角南行，长2.5米，南端已被毁掉。甬路西部由石板铺砌，东部用鹅卵石砌成，路面平整，两侧保存有较硬的路土。 二里头遗址有水井两口，皆属晚期，直壁长方形，东西向，长1.95米，宽1.8米，井壁光滑，在南北两壁上挖有对称的脚窝，掘到4米

公元	朝代纪年	大事及成就
		潜水面停止。 二里头遗址出现石制工具有砍伐用的斧、掘土用的铲、凿木用的锛等。
公元前三千年后	少昊	都曲阜始置司空，唐虞以后因之。周代时名冬官大司空，掌水土之事，后人通称工部尚书为大司空。当时对水土工程已置专官管理。
	尧	都平阳（山西临汾）。时鲧为工官。《世本》："鲧作城郭"。此筑城见于文献始。
	舜	都蒲坂（山西永济）。时鲧之子禹为司空，继其父治水，在治水过程中，浚川、辟伊阙，凿龙门（山西河津，陕西韩城间）、砥柱（河南陕县东北黄河中，即今三门山），破山通河，工程极艰巨，洪水始平。 文献中有禹治水渡越江河时"鼋鼍以为梁"的记载，此为有文字传说最早的原始石梁。 舜时共工垂，创制规、矩、準绳。按：準绳，所以验平直之器，準也作准，是今之水平。绳即挂线。圆规、角尺、准绳，都是最基本的施工工具。 舜时植漆树，取汁作涂料。
前2033年后	夏禹	原始社会解体，奴隶社会开始。禹初都阳城（河南登封告成镇附近）始夯土筑城。城址平面呈纵长方形，南北2000米，东西700米，城墙残高8米，北门外附设土围堡一个。城垣内除房舍外还有在地下的陶水管道和用大卵石铺底的蓄水池。 据文献，禹教民凿井，石砌井壁（石甃）。
前1561	夏桀二十九年	"凿山穿陵以通于河"，出《竹书纪年》。是我国最早的水利工程记录。 "桀为瓦室"，出《史记》，是我国最早的用瓦盖屋记录。
前1562年后	商汤	都隞（河南郑州）。版筑城墙，南北2000米，东西1700米，残高4—9米，墙身厚达19—21米，用端径3厘米的夯杵捣成，夯层很薄，只7厘米而平，相当坚硬，说明当时夯土技术已很成熟。城内东北部夯土台基东西300米，南北150米。夯土面上残存部分房基、柱础、柱洞，应是商代奴隶主的居住区，与城外奴隶所住低矮而简陋潮湿的半地下室，形成鲜明对比。 隞都夯土城墙上有商代房基，其中一个在迎门的后墙处筑有长65厘米，宽73厘米，高10厘米的夯土台。台面除经过火烧，还涂白灰面。有的房基是三层夯土地面，地面除经过火烧也涂白灰面。房基平面大多方形，有的在其四壁墙上还挖有不规则的壁龛，以供贮物。 由于夯土城的出现，逐渐用之房屋夯土墙，只墙身减薄而已。据亳都商代遗址，房屋有用夯土墙做外墙和承重内隔墙的。墙用夹板筑成每版长1.33米，高43厘米。这种以板范土，以杵捣土，增加土质密度的筑墙方法，不仅材料易得，而比过去的木骨泥墙更稳固，一直沿用至后代。 湖北黄陂盘龙城商代遗址，版筑城墙南北290米，东西260米。城墙主体用层层夯土水平筑起，旁边则是层层的斜行夯土以用来顶住夯筑城墙主体时作模板之需。城外有壕，宽达10米，是已发现城、壕并用之最早实例。城内东北部夯土台基东西39.8米，南北12.3米，上建宫室，从柱穴分配，设想是一座外有回廊，中为四室的四坡、重檐、茅顶殿堂。
	商（殷）盘庚	迁都改国号殷，直至商末在河南安阳小屯建造宫室，总范围达280×250米。殷墟本身未发现城墙遗址，但在距宗庙中心两侧700—800米及其南侧，有宽10米，深5米的壕沟，以壕代城作为当时防御之用。殷墟有夯土房基遗址数十座，一般长20米，小的长5—6米，最长达60米。有长方形、条状和凹字形等平面。基址方向采取正南北向而与磁针的北向微偏，当时采用简单测量工具根据太阳或北极星而定。基址的水平是用水来决定的，故有一处夯土基址下曾发现长60米的枝状水沟曲折延伸到几处相邻基址下，用毕后又用土夯填坚实。个别建筑在卵石做的柱础上再加青铜垫板（锧），是为了防止木柱受潮而设。同时木构件上已有雕刻和色彩。 殷墟发现商代马车。 河北藁城台西村商代遗址有版筑和土坯（墼）垒成的墙。屋面用方椽（6厘米方，长160厘米），草拌泥面层。
公元前十一世纪至前771年	西周	陕西扶风、岐山周原遗址，为周之先王古公亶父东迁都邑所在，延至西周末期始废。周原遗址有我国最早的瓦、铺地砖、陶水管。一处三进有院的四合院式房屋，估计为当时宗庙址（在岐山）。一处宫室址有整齐的柱网，夯土基、柱下卵石磉墩，建筑周边有卵石散水。周原遗址有大量夯土墙，墙面抹灰面层平整光洁。早期房址屋顶局部用瓦，屋面柴栈表面抹灰仍存。已有铺地方砖。 周原出土铜器，有最早版门形象，可启闭，有门栓。周原并有作坊手工业奴隶住房遗址。 湖北圻春西周初木构建筑遗址中，其单幢建筑柱网间距2—3米，柱上架楼板。楼板下部开漕穿带，连为整体。外墙为木骨板墙，木骨与柱用扣榫结合，较之过去木骨泥墙已进步。 西周铜器矢令簋的仿木结构座上已具有"斗"的形象，说明这时在梁柱结合处已使用"斗"做垫块，柱间的连系构件"额枋"也已出现。 西周井，据陕西西安开瑞庄、张家坡发现实物，平面圆角长方形，约2×1米，井壁上下垂直较长。两壁中间有脚窝，左右可并容上下两个吊桶。
前1066	周武王	徙都镐（陕西咸阳西南），《诗》："考卜维皇，宅是镐京，维绳正之，武王成之。"
前1063	成王	营洛邑即周王城（河南洛阳市），周公前往相地，视日晷影以定南北方向。 洛邑筑成称"王城"。据遗址所示，城位于涧河东岸，面积约2890×3320米，其范围，与《考工记》匠人营国方九里相近。城外有深5米的壕，城墙除分层平夯外还有划分成小块夯筑之法，并在墙内放置防崩塌的水平木骨（纴木）和排水用的陶制水管。同时又在王城东复营成周处殷民，故规制较小。计东西六里，南北九里，俗称"九六城"（故址在汉魏洛阳遗址处）。
约公元前858年	齐献公	齐国都城由薄丘（蒲姑）迁临淄，迄齐亡（公元前221年）。临淄为中国古代最大城市。人口近四十万。分大、小两城。大城南北约4.5公里，东西3.5公里，有十一座城门，门外跨城壕桥址仍存。 城门两壁下用块石砌筑。城内有高大夯土台。道路用石子铺面。
前697至691	燕桓侯	迁都临易（河北易县城南）称下都，遗址还存十之三四，东西十三里，南北十余里。城内外发现陶制板瓦、筒瓦、瓦当。筒瓦花纹有绳纹和几何纹，瓦当花纹有云山、双螭、双兽、双鸟等复杂图案，尤以其中一块瓦当直径24.5厘米，筒长66.7厘米者制作最精（今存北京历史博物馆），说明当时瓦作技术已很高。
前689	楚文王元年	始都郢（湖北荆州纪南城）。土城遗址今还存在，有的地段高达一、二丈，城东西九里，南北七里，总面积达六十多平方里。城内发现数以百计的夯土台基及板瓦、筒瓦、陶井等。
前635年	成公二年	宋文公卒，始厚葬，用蜃灰。蜃灰是用蚌壳锻烧成的石灰。
前613至前591	楚	楚国修建位于安徽寿县南面的芍陂（安丰塘）。塘堤四周设三十六道门，七十二道涵，筑成了一座周围一百二十多里的蓄水库，从而灌溉万顷农田。这是我国最早的大型蓄水灌溉工程。
前598	楚庄王十六年	蔿艾猎城沂（楚邑）使封人虑事，以授司徒。量功命日，分财用，平板干，称畚筑，程土物，议远迩，略基趾，具糇粮，度有司，事三旬而成，不愆于素（《左传》宣公十一年）。此言艾猎筑沂城，当时已严格实行定额管理，按计划施工，三旬即成。
前585	晋景公十五年	晋人谋去故绛，诸大夫皆曰必居郇瑕氏之地。韩献子对曰："不可，郇瑕氏土薄水浅，其恶易觏。易觏则民愁，民愁则垫隘。于是乎有沉

公　元	朝代纪年	大　事　及　成　就
		溺重膇之疾。不如新田，土厚水深，居之不疾，有汾、浍以流其恶。"夏四月丁丑，晋迁于新田（《左传》成公六年）。故绛，晋旧都，今山西翼城。郇瑕氏，今临猗。新田今侯马。据此当时建都选址很注意环境卫生。新田遗址，今已发现面积约1740×1400米，城内有52×52米高出地面6.5米的巨大夯土台，台顶及四周存大量瓦砾。这种以阶梯形夯土台为基，上建台榭是当时流行的建筑样式。
前564	鲁襄公九年	《左传》中关于消防制度的记载："宋灾，乐喜为司城，使伯氏司里。火所未至，彻小屋，涂大屋，陈畚挶，具绠缶，备水器，量轻重，蓄水潦，积土涂，巡丈城，缮守备，表火道"。
前542	鲁襄公三十一年	缮完葺墙，以待宾客（《左传》襄公三十一年）。葺，谓之草复墙。
前541	周景王四年	后子享晋侯，造舟于河（《左传》昭公元年）。为浮桥最早记载。
前514至前496	吴王阖闾	王置"船宫"于栅溪城，说明当时已有造船工场。
前510	周敬王十年	晋率诸侯为周筑城。明年晋人执宋仲几于京师，仲几之罪何？不蓑城（《公羊传》定公元年）。为周筑城，因雨期不用草覆城而获罪。说明当时建筑管理制度很严密。
前507	周敬王十三年	鲁班生（姓输，名班，鲁国人，民间称鲁班）。
前六世纪末	春秋中期	河南信阳长台关楚墓面积达8.44×7.58米，木椁结构，内分七个墓室。周围和上部用白粘土密封，其中还贮大量木制用具，有彩色鲜艳的漆面图案纹样。表明当时木工的精美程度。
前496年前	晋定公	董安于建晋阳城（山西太原）。
前五世纪末	春秋末期	湖北铜绿山矿井，深入地表40余米。竖井断面80×80厘米，用井干式木框架支护。斜井用木框架作支架，框外加纵向木棍支护，构成巷道。所用工具有铜斧、铜锛、木锤等。 春秋战国时期，已采用与现代修建桥墩所用的沉井技术相似的方法用预制的陶井圈修筑陶井，这是施工技术上的重要创造。 北京发现36座东周时期的井，用多节陶井圈衬井壁。其中最大的陶井圈直径92厘米，每节高度34—64厘米不等。
前475至前221	战国时代	建筑技术之提高表现在文献上的首先是《考工记》，书中对于自周以来的营建专门知识作了总结，如城市规划等级制、昼夜测景法、取正、定平和几、筵、寻、步等度量标准。 河南新郑战国冶炼通气井，井壁为小砖，平砌丁砖错缝。为已知最早砖砌壁体。用油料调泥作胶结材料。 战国时期各国修筑长城，计有：
		齐长城：起济水经泰山至琅玡（诸城），防吴楚。 楚长城：即"方城"，防御齐、韩、魏。 燕长城：起独石口（造阳）至辽东，防东胡、匈奴。 燕南长城：起高阙（内蒙临河）至蔚县，防匈奴、林胡、楼烦。 魏东长城：起内垣（河南原武）至漆水，防秦。 魏长城：起河套，沿河南接华山，防秦及匈奴。 以上长城，基本用夯土筑成。
前467	贞定王二年	鲁班卒。
前386	赵敬侯元年	敬侯自中牟迁都邯郸（今河北邯郸西南4公里处有赵王城），城以土墙围绕，周约4200尺，城内土台很多。北壁与南壁的东端各有2400尺的土壁向东伸展，曲折形成东郭。在它的附近也有土台，并曾发现础石行列、筒瓦堆积，是木柱、瓦顶房屋遗址。
前383	秦献公二年	秦献公建都栎阳（陕西临潼北五十里），城遗址平面矩形，东西1801米，南北2232米，面积4.03平方公里。有东西干道两条，南北干道一条，主干道两侧有排水明沟。城内曾掘得大量陶井，陶下水管和模压花纹砖。说明城市是经过规划设计，也考虑到供排水问题的。高祖都长安，未有宫室时曾居此。
前361	燕文公元年	燕文公还都易，建造了大量宫室台榭。据下都古城遗址所示，其中最大的武阳台平面140×110米，占地面积达15400平方米，高出地面11米。台身夯土筑成，台内埋设巨大陶制下水管道，出水口塑成虎形，管径达44厘米。
前350	秦孝公十二年	孝公以咸阳（陕西长安西北渭水阳有故城）筑冀阙徙都之，自孝公至子婴十世皆居咸阳。在古城遗址中曾发现使用土坯砌的窑顶，说明拱壳结构已经萌芽。又房址中还发现用土坯和花纹砖砌的墙壁，墙上草泥打底罩一层很薄的白灰面层，上有壁画。可证战国后期它用土坯砌墙、白灰粉刷。
前409至前296	战国中山王国	河北平山县三汲公社战国中山国都灵寿城及中山王墓。经发掘，王詈墓出土铜版错金银嵌成的"兆域图"。版为94×48×1厘米。图上有王陵的布局平面，说明文字等，是用比例尺作图的（约1：500）。这是我国最早的建筑图。
前266至前255	秦昭襄王四十一至五十二年	秦修建通入四川的栈道，长达千里。
前257	五十年	秦初作河桥，造桥时船与船相编于水，加板其上。桥位于蒲州，是黄河上建造的第一座浮桥。
前256	五十一至五十六年	王任命李冰为蜀郡守，修四川都江堰，主体工程迄今乃屹立在岷江上，支流和渠道有250多条，总长2300多里，灌溉了内江和外江流
		域的十三个县，面积达300多万亩。在岸边立石人，作为水位标志，并创造了用竹笼盛卵石做滚水坝的方法，一直沿用至今。
前255	五十二年	东周亡。秦每破诸侯，写仿其宫室，作之咸阳北阪（长安西北），这样对秦统一后，建造宫室图样的参考是有利的。
前250	孝文王元年	秦开发四川修栈道，在险峻地段采用积柴烧山石的办法，使岩石开裂崩塌，后世采石开山即沿用此"火烧法"。 四川地区出现竹索桥，开凿盐井。
前246	王政元年	秦任用韩水工郑国凿渠（郑国渠）引泾水灌溉，全长125公里，灌溉农田276亩，秦以富强。
前227	二十年	秦王宫室以铜作柱，赵晋阳宫亦铜柱。同时期的楚王宫也用铁作柱，均金属铸柱例。
前221	秦始皇二十六年	秦统一后，在咸阳北陂建造大量宫殿。遗址中发现有花纹的青铜构件和类似合页、插销等铸件。夯土台上有陶制集水口通陶制下水道，把水排到台下衬有陶井圈的渗井中。宫殿内部墙面白灰粉刷，上绘壁画。室内有取暖用灶，墙内有烟道。
前220	二十七年	修筑以咸阳为中心，向东南两个方向延伸的驰道。道宽三十丈，道旁植树绿化。修筑从九原郡到咸阳一千八百余里长的直道。在湖北、江西、广东、广西修筑攀越五岭的新道。在云南、贵州等地边远地区修筑五尺道。统一车轨，使全国道路工程得到统一标准。 造咸阳渭河横桥，桥宽六丈，南北二百八十步，六十八间八百五十柱，二百十二根梁。按秦制，一步为六尺，一尺约合27.65厘米，则桥宽为16.6米，桥长为464.5米，跨径平均约6.8米，每排桥柱约十二根。如属简支梁桥，每跨搁大梁约三根，如按每二跨一联，每跨大梁约六根。此桥历史上屡毁屡建，至唐时仍被列为全国三大木构梁式桥之一。 筑鸿台，史称高四十丈，上起观宇。汉惠帝四年（公元前191年）灾，是木构高层建筑。
前214	三十三年	命史禄凿灵渠运粮。渠位于广西兴安，是为了克服五岭障碍而开凿的。长有20公里，宽5米，连接长江水系和珠江水系。灵渠有分湘水入漓水的"铧嘴"，有溢洪的大小"天平"，还使渠道行经迂回路线以减低坡降，平缓水势，便于行船，说明测量定线已有很高水平，它既是运河又能灌溉。 略取南越地，置桂林南海象郡，统一岭南后，大力注意造船事业，据广州秦造船工场遗址证明，除造船台外还有木料加工场，所用工具有铁锛、铁凿、铁钉、铁条，划线

公　元	朝代纪年	大　事　及　成　就
		用的铅块和木垂球、磨刀石等。在造船设备上，这处船场已经采用船台和滑道下水结合的结构原理，这和现代船厂船台、滑道下水的基本原理一致。据船台长度和宽度计算，其中较大的一个船台可以建造6—8米，长30米，载重50—60吨的木船。是较之春秋吴、越国的"船宫"建筑技术大为提高。 修筑长城防御匈奴，当时将原燕、赵、魏各国长城修连，增建亭障关隘，西起甘肃临洮，东到辽东碣石，城长万里，大部土筑，史称"紫塞"遗迹仍在。
前212	三十五年	筛土筑阿房宫前殿，宫在西安西三十里，遗址仅存土台。计东西100米，南北200米，残高10米以上。据史载，当日东西五百步，南北五十丈，上可座万人，下可建五丈旗。又利用磁石之吸铁性建造北阙门以资防卫，名"磁石门"。
前210	三十七年	始皇死葬郦山。陵即位初已开始营建，在临潼县东十里。陵基方350米，自基到顶高47米，陵有城垣两重，内垣边长共计3公里，外垣6公里。陵面向东，其前1.5公里处，有规模巨大的兵马俑坑，约计8,000件陶俑。坑内地面隔墙用质量精好的条砖铺砌，且有曲尺形砖，用于转角。
前206至公元8	西汉时期	洛阳烧沟汉墓，发现用条砖砌筒拱券顶；烧沟632号墓用砖穹窿顶；此外，有空斗墙砌法砖壁。 据《史记》有"荫室"的设置，阴室是专为制漆用的房间，因为漆醇在阴湿环境下容易聚合成膜，干后又不容易裂纹，阴室的设置为此提供条件。
前202至前190	汉高帝五年至惠帝五年	刘邦初都雒阳，后定都长安。城在西安西北隅，计周六十余里，十二门，占地九百七十余顷。据发掘，宣平、霸城门城内大街三道并列，中道宽20米，两侧宽13米，有排水明沟和砖砌地下涵道。城用版筑，由秦军匠出身的阳城延负责修建。
前199	汉高帝八年	建未央宫、立东阙、北阙、前殿、武库、太仓等。其中温室、清凉殿、凌室（藏冰所），已有取暖、冷藏设备，遗址在今西安马家寨村。因未央诸殿多截土山为殿基，不但节省人工且土质甚坚，现残存东西2300米，南北2000米。
前182	吕后六年	阳城延卒。
前179至前157	文帝时期	通漕运，始开褒斜道五百余里。
前179至前87	文帝至武帝间	西汉文帝至武帝时，在内蒙古、甘肃、宁夏、新疆等地建造了大批屯垦城市，遗址业已陆续发现。一般城分内外二层，呈回字形，较大的外城可达900×800米，内城230×230米。也有些是单层或不规则形的。城内有官署、兵营、民房遗址。据史籍载，这种城和住宅是预先建成的，遗址中所反映出的方正规整而又互相近似的平面，证明它是按一定规划建造起来的。
前168年前	文帝前元十二年以前	长沙马王堆三号墓出土帛书中有城邑图，城邑图中，注明城周292步。有南雄门、东北隅楼等名称，楼有高达三层，长八丈以上者。城内有丞舍、传舍。说明当时南方小城市建设的一些情况。
前140至前87	武帝时期	在新疆、甘肃、内蒙古等地修建的关塞亭障，今已发现者，其中汉代鸡鹿塞遗址平面68.5×68.5米，用石块砌成。城四角伸出墩台，是后代"马面"的雏型。在城外还建有矩形瓮城。又在塞附近筑有大量烽台，平面约7×7米，设在高峻险要可以望远之处。马面、瓮城是汉代城防建设上的新发展。
前129	武帝元光六年	开渭渠，自长安附近引渭水至潼关注入黄河由水工徐伯测量定线。动员数万人三年完成。灌溉面积约70万亩。
前122年后	元狩元年以后	在陕南续开褒斜道，连接褒水、斜水二河谷，全长250公里。其中一些险段在悬崖上凿孔，插入悬臂木梁，上铺木板为栈道。
前120	元狩三年	为练习水战，在长安西南作昆明池，周十余公里。东通漕渠和明渠，故实际上成了长安城的蓄水库。据史籍载，池中有灵波殿七间，皆以桂为柱，风来自香。又在池内造石鲸及牵牛织女石象。 发卒万余人开龙首渠。自冯翊引洛水灌溉重泉（今蒲城县东南四十里），当经过商颜山（今铁镰山）时，因岸易崩，乃凿竖井，深约四十余丈，井下挖暗沟相通行水。这种地下引水隧道，称"井渠"，遂启后世新疆、吐鲁番、哈密一带"坎儿井"之制。
前117	六　年	霍去病死葬兴平。墓腹墓足皆垒块石象祁连山，以旌其功。 在霍去病墓附近发现一种楔形有榫卯的砖砌成下水道筒壳。
前115	元鼎二年	筑柏梁台，台高二十丈，以香柏为梁，风吹香闻十里。
前113年前后	四年前后	河北满城一号墓，是长51.7米，容积2700立方米的大型石凿洞库工程。内分墓道、前室、后室、左右室、回廊各部，地面有排水明沟。洞内并发现铁锤、铁凿等工具。
前109	元封二年	作甘泉宫通天台，传说高三十丈，望见长安城。台上有仙人掌擎玉杯以承露水象。 作明堂于山东汶上（今汶上县），建筑式样是依照公玉带进的明堂图造的：殿木柱，四面无壁，以茅盖顶，四面通水，环绕宫垣为复道，上有楼。
前104	太初元年	柏梁台灾，以厌胜故高大建筑建章宫出现。宫有神明台、井干楼，楼高五十丈，若井干形积木为之，其形或四角或八角。建章宫与未央宫之间，以飞阁辇道上下相通。
前4年	哀帝建平之年	王莽执政，起明堂、辟雍、灵台、其址在今西安西郊，业经发掘。
公元20年	王莽地皇元年	撤建章宫，取其材瓦另起九庙。殿皆重屋，用铜制斗拱，饰之金银雕纹。
25至100	东汉前期	砖砌拱壳技术继续发展。在洛阳发现有用条砖所砌矩形扁壳。稍晚又有连续两跨的矩形扁壳，两壳相接处无墙，由拱券支承。
25至220	东汉时代	屋架形式，据河南荥阳出土陶屋和成都出土画象砖住宅图所示是柱上架梁，梁上立小柱叠小梁的"梁柱式"。长沙和广州出土陶屋主要是柱顶承檩穿枋连结柱间的"穿逗式"。后世这二种主要屋架形式至迟在东汉时期出现。 重庆江北汉墓发现用侧面搭缝的榫卯拱壳砖砌的筒壳。这种砖除两丁头做半圆形榫卯外，两大面做成曲折面，用它砌成的筒壳相邻两道拱间构成压口缝，这除有助于加强并列筒壳的整体性外，对施工也便利。 河北定县北庄东汉墓发现铁制工具有直径7厘米的圆锤，刃宽9.2厘米的板斧，刃宽13厘米的锸头（挖土用），刃宽4厘米和8厘米的锛，刃宽2.7厘米的凿和刃宽4.8厘米的扁铲。西安也发现过铁锯。说明本时期中铁制工具的广泛使用。 内蒙古和林格尔东汉壁画墓出现叠涩砖穹窿顶。汉明器陶井及画象砖盐井图中出现辘轳。汉代数学著作《九章算术》（晋刘徽注）内有土方计算等建筑工程计算内容。 《西京杂记》载丁缓作七轮扇，"一人运之，满堂寒颤"。这是早期通风机械记载。 东汉出现用伏的券。 东汉克孜尔石窟17号窟前有土坯砌筑券顶结构，跨度约3米。 东汉四川彭山、乐山一带盛行崖墓，深者达里许。如乐山麻浩、柿子湾等地，均有前室，刻石作柱、瓦、椽、斗拱等建筑形象。
36年以后不久	建武十二年后	建李业石阙于四川梓橦。用独石制成。现残存阙身高2.5米，宽约1米。
50年	二十六年	建朱鲔石祠于山东金乡。祠的石板上刻出梁架形象，系下为横梁，上有斜撑相抵构成三角形梁架，上承脊檩。可证至迟在东汉初，已有简单三角形桁架。朱鲔墓曾遭盗掘，其墓室内有人物、祭器、乐器等刻画为当时石室墓壁最早施有雕刻之例。
54	三十年	作明堂。堂上圆下方，十二堂、九室。瓦顶、瓦下籍茅，以存古制。
56	中元元年	作灵台于洛阳。是汉魏洛阳城的南郊。面积220×200米，约4万4千平方米。东西有夯筑墙垣，内

公　元	朝代纪年	大　事　及　成　就
		部中心即方形高台，台基长宽约50米见方，平台上尚存建筑遗迹，这是我国最早的天文观测台，西晋时尚利用，后魏始废弃。
61	明帝永平四年	始开褒斜道石门。它是一个长13.4米，宽5.5米，高6.2米的隧道，位于陕西褒城县北十里斜谷口七盘山，栈道即由此绝壁间的门洞通过。
63	六　年	褒斜道全路开辟，全长二百五十八里，桥阁（即木构栈道，下用木柱支撑于危崖深壑之上，上面可能复有屋面，故称桥阁）六百三十二间，大桥五。又修建了邮亭驿，官寺六十四所。计用七十六万六千八百余工。
68	十一年	佛教传入我国后，始在洛阳建造白马寺，寺壁作千乘万骑绕塔三匝图，此为传入我国最早的佛塔样式。寺中方形塔也犹依西域旧制建之。
86	章帝元和三年	建皇圣卿石阙于山东平邑县北二里，阙总高仅2.5米，阙身平面略呈方形，用整块石料琢成。惟四面雕出凹缘将阙身分为五栏，还保留着石块叠砌的意味。
118至123	安帝元初五年至延光二年	建太室石阙于河南登封城东八里中岳庙前。左右双阙相去约7米，阙身高3.18米。又建少室石阙在邢家铺西二里，阙身高约3.175米。二阙都雕有纹饰，是现存最早附有子阙的实例。
121	建光元年	建冯焕阙，在四川渠县北新兴乡赵家村，现存东阙，高4.38米，整石琢成。
122至125	延光年间	建沈府君阙，在四川渠县月光乡燕家村，双阙，相距21.6米，高4.84米，子阙已失。与冯焕相似，均石刻斗栱屋顶形象。
123	延光二年	建启母阙，在河南登封城北。阙高3.17米，与太室少室阙相似。
129年前	顺帝永建四年以前	建郭巨石祠于山东历城孝里铺孝堂山墓地。祠为独立两面坡顶、三面墙壁的建筑，前部敞开，正中以一比例雄大连上下大斗八角石柱将面阔分成二间。祠东西长4.2米，南北阔2.3米，高2.24米。是我国现存地面最早的石构房屋建筑。
132	阳嘉元年	河南襄城茨沟汉墓用条砖砌方形墓室墙壁，上为砖砌圆形壳顶。墓室四角用特制丁头砖砌弧面三角形帆拱，做为方墙圆顶间的过渡部分。其帆拱的使用是砖拱壳技术上的重要发展。
135	四　年	马宪监作洛阳建春门石桥、石柱。
147	桓帝建和元年	石工孟季、孟卯造武氏阙于山东嘉祥东南三十里武宅山武姓墓地。墓地最前是石狮，次墓阙，再后石祠（祠已毁，散存石块即著名的武梁祠画象石）。阙带子阙总高3.72米，下面基座作复斗形，上为重檐四注顶。据铭刻石阙值钱十五万，狮子值钱四万，为当时工价提供了资料。
168至189	灵帝时期	作翻车渴乌（渴乌为曲筒，以气引水而上），供道路洒水用，可知当时很注意环境卫生。
170年左右	灵帝建宁三年左右	李翕为武都太守时，陕西略阳析里，两岸夹峙，百仞屹立，江水从中流出，水溢则上下不通民皆病涉。翕乃凿石架木建郙阁，阁首尾连接栈道，是阴平道上一处艰险的工程。
172	熹平元年	建李刚石祠、石阙于黄水南墓地。祠堂三间，椽架高丈余，镂石作椽、瓦屋，施平天，造方井植荷，梁柱四壁隐起画象雕刻。平天即平棋（天花板），它具有鲁灵光殿赋中"圜渊方井，反植荷渠"的花饰，是汉石祠装修极少见之例。
182	光和五年	河北望都二号墓，砖砌，石灰胶结，拱券用石灰浆灌缝，墓内壁、券顶用石灰粉刷。砖券用砖预先磨削试拼，并加编次（用书句）。
190至193	初平年间	建平阳府君阙，在四川绵阳西北。两阙相距26.19米，顶已残，雕刻手法似高颐阙。
193至195	初平四年至兴平二年	笮融大起浮图祠于广陵，顶垂铜盘九重，下为重楼阁道，可容三千余人。是南方地区初见规模极大的寺院建筑。其垂铜盘九重，是已有刹柱实物之证。
209	建安十四年	建高颐石阙于四川雅安城东十五里，东西两阙相距13.6米，西阙是四川诸阙雕刻最精、保存最好的一座。阙身上面雕枋子、斗栱棱角犹新；阙座四周雕蜀柱斗子，阙顶正脊雕"鹰口衔组绶"，都是少见之例。
210至213	十五至十八年	曹操作铜雀、金凤、冰井台于邺都（在河南临漳县西二十里）城北隅。冰井台有冰室、凉殿都以阁道相通，是一种因城为基点缀风景的角楼变体。
212	十七年	孙权迁都建业（江苏南京），筑石头城。城的位置南自清凉门西迄草场门，大部分筑在红土山上，以山造城，故名。
213后	东汉末期	曹操大规模建设邺城，已发现的遗址面积为6.52平方公里，平面矩形，城内分区明确，有排水明沟和引水隧道，构成了城市供水、排水网。
220	魏文帝黄初元年	曹丕愈崇宫殿，雕饰观阁。取白石英、紫石英五色大石于太行谷城山，于芳林园内叠造景阳山。
221	二　年	洛阳造高十三丈余的凌云台时，先称量众木，平衡轻重，这样台虽高峻，随风摇动从不倾倒。
226	七　年	造洛阳华林园九华台，台基全用洛阳故碑累砌。又在九华台上造钓台，这是台上筑台的先例。
227至239	明帝时期	洛阳金墉城东北隅造层楼，取名"百尺楼"，其高可知。
三世纪上半叶	三国曹魏	安徽亳县有曹氏族葬地。亳县城内主要街道两侧下有砖砌坑道，可容人通过。拱券顶，侧壁砌法似南朝墓常见者。壁上留气孔。
265后	晋武帝秦始元年以后	帝尝问张华汉宫室制度及建章宫千门万户式样，华应对如流，并画地成图。 裴秀以一分为十里，一寸为百里的比例，把原来用十八匹缣做成的"天下大图"缩绘成"地形方丈图"，图上仍备载名山都邑和原图一致，这样，对建筑制图也有影响。
266	秦始二年	洛阳建太庙，曾铸铜柱十二，涂以黄金，镂以百物，缀以明珠，建筑极侈。
274	十　年	在河南孟津造浮桥，此为黄河下游南北交通最重要的桥梁。
282	太康三年	建洛阳东七里涧旅人桥，此桥悉用大石，下圆以通水是石桥之用圆拱最早之例。据桥上题铭：太康三年十一月初就功，用工七万五千人，至四月末止。
285	六　年	洛阳建太康寺。寺中有砖塔，高三层。由王浚捐造。这是《洛阳伽蓝记》中最早的砖塔记载。
310年左右	代公拓拨猗卢时期	朔方太平城代公拓拨猗卢的太极殿，其琉璃台及屋脊鸱尾，悉用琉璃制成。
约320年左右	西　晋	《抱朴子》载："铜青涂木，入水不腐"。铜青为醋酸铜。这是最早用化学药物防腐的记载。
322	东晋永昌元年	帝葬建平陵，在建康（江苏南京）鸡笼山阳，不起坟。嗣后东晋诸帝葬时都不起坟，此为陵制的一大变化。
335	后赵石虎建武元年	后赵迁都邺（河南临漳），其北城东西七里，南北五里，原是齐桓公时期（公元前685～643年）所筑的土城，石虎乃用砖包砌，这是砖砌城墙的最早记载。 修建原魏文侯时期（公元前400年）西门豹所造十二渠，在二十里中作十二磴，磴相去三百步，令互相灌注，一源又分十二流，皆悬以水门。如此水流二千余里，世号"天井堰"。堰在紫阳桥下。
336	建武二年	后赵迁都邺，作太武殿玳瑁楼东西宫。太武殿的殿基就有二丈八尺高，内有地下室，以置卫士。殿东西七十五步，南北六十五步，平面略呈方形。史称此殿漆瓦、金铛、银楹、金柱、珠帘、玉壁。玳瑁楼也纯用金银装饰，穷极伎巧。
353至366	穆帝永和九年至太和元年	开始在甘肃敦煌莫高窟创建石窟。太和元年沙门乐僔在莫高窟造窟一所，稍后又有法良等禅师续造石窟。榆林窟稍晚亦开始开凿。
398	北魏道武帝皇始三年	迁都平城（今山西大同）。
411	东晋安帝义熙中	陇西鲜卑族人在枹罕（甘肃临夏）四十丈宽的河上筑桥，因桥特高，三年乃成。谓之"飞桥"。

公　元	朝代纪年	大　事　及　成　就
413	夏赫连勃勃凤翔元年	赫连勃勃自称大夏天王，都统万（陕西横山）时命叱干阿利领将作大匠，营建统万城。据记载："蒸土筑城，以锥刺之，锥入一寸即杀作者，不入即杀行锥者"。按其地土质色白，在筑城时还采用蒸土之法（说文："蒸，析麻中干而细者"）。知当时筑城在土中还掺杂了麻丝，因此，非常坚固。现在城壁遗址高度，从1.6米至10米不等，宽度从4米至19米不等，版筑厚度从7厘米至19厘米不等，四面还有许多墩台。 延州故丰林县城亦赫连勃勃时期所筑。其城不太厚而马面（凸出城墙的墩台）极长且密，利于防守。
416	北魏明元帝神瑞三年	筑鼓楼于平城（山西大同东），楼甚高耸加观榭于其上，表里均涂饰石粉，色白，俗称"白楼"。
	十六国时期	青海吐谷浑人在河上建长一百五十步的桥，两岸垒石为基，层层挑出大木，为伸臂梁，至中央空出三丈，架梁铺板连通，施以栏杆。当地人称之"河厉"。
420至589	南北朝时代	吉林辑安发现面积近800平方米的建筑遗址，室内设有炕和灶，地下有烟道与外廊烟囱相连。这是已发现的最早火炕实物。又据《水经注》载：观鸡水东有观鸡寺（在今河北丰润县北四十里），寺内大堂甚高广，可容千人。地面铺石抹泥，下为烟道，在室外烧火时一堂尽温，极似清代的地炕然。 山西大同和江苏南京都发现过南北朝时代的琉璃瓦。据史籍记载，西汉已有琉璃，但发现实物最早则属南北朝。 六朝陵墓石刻材料都取之外地，故在建陵的同时还开凿许多河道，专供运输水路之用。如丹阳的肖塘河，从丹阳运河的陵口入口一直到达南京，两岸附近都是齐、梁二代陵墓所在地。 重要的遗址如宋武帝初宁陵（422）、梁肖绩墓（524）、梁肖宏墓（526）、梁肖景墓（523）、梁肖秀墓（518）等，多在南京近郊。 洛阳景林寺中禅房内置印度祇洹精舍模型一具，形制虽小而巧构难比。说明北魏时期小木作已很可观。 北魏人陈遵曾经验地作出以声速测量距离之法。 南朝人谢庄曾制成一种可以拼拆的木地图叫"木方"，板上画山川地理，当使用时自由拼拆，十分方便。 以糯米汁掺入石灰浆作胶结材料最早实例：河南邓县北朝画象砖墓。 南京西善桥南朝墓地面用石灰、砂、粘土混合筑成。是最早之三合土实例。 屋顶瓦饰出现鸱尾，见于云岗、敦煌、麦积山等北魏石窟之壁画、雕刻。记载则为西汉武帝重建柏梁台时开始。
446	北魏太武帝太平真君七年	春三月，北魏灭佛法，寺塔被毁甚多。
452	文成帝兴安元年	北魏重兴佛法，大造寺塔。
460至524	北魏文成帝和平元年至正光五年	大同云岗石窟开始雕凿约自和平初，迄正光年间全部停工，其间主要工程则完成于太和十八年（公元494年）迁洛之前。史称："凿石开山，因岩结构"，土石方工程相当艰巨。
467	献文帝皇兴元年	于平城（大同）造永宁寺塔，高三百余尺，七级，为后来洛阳永宁寺塔的范本。
471	宋明帝泰始七年	建康（今江苏南京）湘宫寺欲起十层佛塔，但限于建筑技术未果，分立二塔，各高五层。
481	北魏孝文帝太和五年	洛阳城东十五里有千金堨（即堰），是陈协所造。在堨的东首立一石人，西胁下刻文："若沟渠久疏，深引水者当于河南城北石碛西，更开渠北出，使首狐丘故沟东下，因故易就碛坚……"这是预告后人如何修复的一例。
495年前	太和十九年以前	云岗石窟西部第二十一窟塔柱形制最大，是平面正方形五层重叠的楼阁，每面五间，其面阔及高度均呈递减式。柱上用一斗三升，补间用"人字栱"，这是雕刻实物中仅见的最早斗栱形制。洞口有太和十九年铭刻，塔当凿于是年之前。
497	齐明帝建武四年	寺院建筑转轮藏创始人傅弘生。
500至523	北魏宣武帝景明元至孝明帝正光四年	景明初于洛阳伊阙山始开龙门石窟。初建之时，窟顶去地三百一十尺，至正始二年中始出，斩山二十三丈。此后至正光四年，开成石窟三所用功八十万二千三百六十六。
500至640	高昌王国	建高昌城，在新疆吐鲁番。遗址城垣、街道仍存。采取与中原城市相似的坊里形式。
502	景明三年	凿麦积山石窟，历隋、唐至宋止，存194窟。
507至509	正始四至永平二年	贾三德负责修复旧褒斜道三百余里，所构阁广四丈，道广六丈，多属险要工程。
510	永平三年	凿炳灵寺石窟。
511	梁武帝天监十年	梁初作宫城门三重及开二道，是建康有宫城三重之始。
516	北魏孝明帝熙平元年	据《洛阳伽兰记》永宁寺塔北佛殿，形如太极殿。寺院墙均施短椽，以瓦覆之如宫墙。四面各开一门，南门楼三重通三道，去地二十丈，形似端门。东西两门亦如此。所异者唯楼二重。北门一道不施屋似乌头门云云。则北朝时期的官寺一如宫阙制度。 洛阳建永宁寺木塔，据《水经注》：九层浮图，基方十四丈，自金露盘下至地四十九丈。核与塔遗址所见，台基三层，总高8米，下层100米见方，中层50米见方，上层残存30米见方，上层与基方十四丈的记载相近。负责修建者郭安兴。 同年南朝的大工程是梁以二十万众筑淮堰。其长九里，下阔一百四十丈，上广四十五丈，高二十丈，深十九丈五尺。堰在安徽寿阳。
522	正光三年	宋云、惠生自西域还。惠生在西域时曾从铜摹写雀离浮图仪一躯及释迦四塔变，回国后佛塔建筑技术受西藏影响。
523	四　年	河南登封建嵩岳寺砖塔，平面十二角形，高41米，属筒形结构，只有一圈砖砌外壁，内部直通到顶，各层安木楼板。底层直径10.7米，壁厚2.4米，外观密檐十五层，全部用泥浆砌成。是国内现存最早的砖塔。
533至544	东　魏	贾思勰著《齐民要术》，记木材防蛀方法，用桐油渗入木根开孔，"则坚久不蛀"。
534	孝武帝永熙三年（梁武帝中大通六年）	永宁寺木塔火焚，据记载火经三月不灭，有火入地寻柱（柱即塔心柱）。菩提国遣使贡舍利及画塔图。
535	东魏孝静帝天平二年	东魏迁都邺，高隆之领营构大将，以十万人拆洛阳宫殿运木入邺，建造新宫。阊阖门初成，隆之乘马远望告匠人：西南独高一寸。量之果然，施工之精如此。
535至556	西魏文帝大统元年至恭帝时期	甘肃天水麦积山石窟第135窟建于西魏时期，因利用洞窟窟形（平面马蹄形，前高后低）和门窗高差解决通风排烟问题。
537	梁武帝大同三年	丹阳一乘寺，寺门有凹凸纹饰乃张僧繇应用阴影晕染法绘成，色彩是朱及青绿，眼远望晕常如凹凸，近视即平。此法传自印度，用之于建筑彩画还是第一次。
539	东魏孝静帝元象二年	邺城飞莺殿，十六间、五架、梁栋楹柱悉皆包以竹，作千叶金莲花三等束之，其上舒叶长一尺八寸。以班竹为椽，织五色簟竹席铺地。这是以竹为饰之例。 邺城鹦鹉楼用绿瓷瓦，鸳鸯楼用黄瓷瓦。皆以瓦色取作楼名。 邺城太极殿，每间缀五色朱丝网于檐下，防鸟雀飞入。
547	武定五年	杨衒之撰《洛阳伽兰记》：五卷，是书述及北魏洛阳坊市、寺院甚详。
550年以后	北　齐	北齐建邺南城，瓦用胡桃油油之。现邺城故址尚见素面黑瓦甚多，隋、唐盛行，宋《营造法式》称为"青棍瓦"。凿南北响堂山石窟。
558	陈武帝永定二年	七月，起太极殿，陈末焚毁。隋初宇文恺曾见烧余残柱，陷地一丈。柱下樟木为跗，长丈余，阔四尺许，两两相并，凡安数重。
567至570	北齐天统三年至武平元年间	北魏孝昌间杜葛之乱，连年战争尸骨盈野，至北齐时县人收拾残骸丛葬一家，并立石柱为纪念。柱

公元	朝代纪年	大事及成就
		顶雕小石屋三间，是建筑史上有价值的参考资料。
574	北周武帝建德三年	夏五月，北周灭法。
581	北周	北周毁邺。
581至600	隋开皇年间	当时琉璃作还不普遍，何稠以绿瓷代之与琉璃无异。
582至583	开皇二年至三年	六月宇文恺营建隋都大兴城，城在汉长安故城东南近龙首原处。先建主要宫殿、官署、街道、城墙，有些材料还是从汉城拆迁而来，翌年三月即完成。
583	陈后主德元年	诏昌南镇（江西景德镇）造陶础。
584	二年（隋文帝开皇四年）	陈起临春、结绮、望春三阁于建康宫城光昭殿前。阁高数丈并数十间，传窗牖、户壁、栏槛都用沉檀香木为之，风之香闻。三阁间，建复道以通往来。
584至610	开皇四年至炀帝大业六年	在公元前486年吴邗沟基础上延长发展修成北起通县、南到杭州的大运河，全长1794公里。
601至604	仁寿元年至四年	宇文恺以一分作一尺的比例，造明堂木样（木模型）。其样式：下为方堂，堂有五室，上为圆观，观有四门。 隋仁寿初，分道送舍利并图样到各州造舍利木塔。塔为方形，五层，有塔心柱，柱下础石刻铭文，或方或圆不定。在四年中一共造塔一百十一座，自隋以后舍利塔始用石制。
605至606	炀帝大业元至二年	三月在汉魏洛阳故城西十八里另造新城。遗址南墙长7290米，东墙长7312米，面积45平方公里。城内采用棋盘形街道网和里坊布置，但因洛河东西穿城而过，宫城就偏于西北角。
605	大业元年	隋造宫室，楹栋宏壮，由于大木非近地所有，往往多从豫章（江西南昌）人力运来。运木法二千人牵引一柱，下面置铁毂（摩擦时有火出，不能用木轮），但铁毂易坏经常换新，每日不过行二、三十里，一柱几用数十万功，劳力极大。 项升造迷楼，经岁始成。 洛河上初造天津桥，据文献载：以铁锁维舟，钩连南北，夹路对起四楼。当系一种铁索浮桥。 三月，发民工百余万开通济渠即汴梁，自洛阳引谷水入黄河，再汜水引黄河水至盱眙入淮河。 发河北丁男凿太行山，达于并州（山西太原）以通驰道。 建都洛阳时始建含嘉仓。仓遗址四周有城，面积达42万平方米，城内用窖储粮，窖东西成行，安排计数。最大窖直径18米，深12米，最小者直径8米，深6米。土窖穴四壁用火烧烤，再铺木板，板内铺木席，以利防潮。窖顶用木板搭成伞状构架，其上铺席，再加草束，上面抹泥。此仓一直沿用至唐代。
605至617	大业年间	李春造赵县安济桥（大石桥）。桥全长54米，宽9.6米，拱跨37.37米，矢高7.23米。在大拱两端上方各建两小拱，既减轻桥身负重又便于泄洪，这种"敞肩拱"式石桥的结构科学价值很高，较之欧洲同类构梁早出1200多年。
606	二年	十月，置洛口仓于巩县东南原上，仓城周回二十余里，穿三千窖。 十二月，置回洛仓于洛阳北七里，仓城周回十回，穿三百窖，窖皆容八千石。所有构造基本与含嘉仓相同。
607	三年	造观风行殿，下施轮轴，可以推行。又作行城，周二千步，以板为干，周衣以布，楼橹悉备。
608	四年	修汾阳宫时，先令人绘制图样，在讨论明堂时，曾制木模型，说明至迟到隋代已有先作图样或模型供审查的制度。
611	七年	建山东历城神通寺四门塔。单层方形石塔在现存此类型中为最早者。塔内有东魏武定二年（公元544年）雕像四尊。
618	唐高祖武德元年	唐代利用隋大兴城作京师改名长安，经多次扩建后遗址所示：城东西9721米，南北8651米，面积84平方公里。方格网形街道有明显中轴线，其主干道最宽者东西道220米，南北道155米，一般在40—70米。皇城居城北正中，面积2820×1843米。有一百一十个坊和二个市，坊的四周有墙，在两面或四面各开一门，每一城门各有三个门洞，通三道，道有排水明沟。有四条主要河渠道入城内以解决供水和水运问题。
626年前后	九年前后	王孝通著《缉古算经》中有筑台、筑龙尾堤和挖河的算例，解决了在大型土方工程中已知工程总量和上下高广的相对关系求工程高广具体数字的三次方程求解法。这是当时工程上已采用数学上的新成就。
唐初		桐油石灰是良好憎水性胶泥。最早实物见于江苏如皋唐初木船船身。 吐鲁番柏考克里克石窟14，15窟有土坯穹窿。
641至657		拉萨建大昭寺、小昭寺。
649至936	南诏	开凿石钟山石窟（云南剑川）。 建大理崇圣寺塔（千寻塔）。
652	高宗永徽三年	建慈恩寺塔（陕西西安）。
653	四年	南昌建滕王阁。
654	五年	三月，以阎立德领丁夫四万筑长安罗郭。十一月，筑外郭，和雇京兆百姓四万一千人，版筑三十日而罢，九门各施观。
662至663	龙朔二至三年	四月，在长安城外东北建蓬莱宫即大明宫，翌年四月成。正殿面积2000平方米。麟德殿面积4630平方米。各主要宫殿柱距5米，最大梁跨达10米，由于柱距梁跨的增大，说明木构技术的发展。
669	总章二年	建长安兴教寺玄奘塔（西安）。
672至679	三年至调露元年	造洛阳龙门大卢舍那象龛及奉先寺成，造价二万贯。
674至675	上元元年至二年	韦机领将作少府，营东都。检校园苑及造上阳、宿羽、高山等宫。又在洛河北高坡上居高临下造一高馆，列岸修岸连亘一里。
684	武则天光宅元年	营乾陵。
688	武周垂拱四年	乾元殿毁后改作明堂。堂高86米，三层，下层方形每边88米，占地7744米；中层十二边形；上层二十四边形圆顶。明堂周旋铁渠以为辟雍之象，号"万象神宫"。
689	永昌元年	洛阳中桥自移建后，岁为洛河水冲注，李昭德首创分水金刚墙，即令石工累方石为脚，做成迎水面，有尖角的墩子以分散水势。
691	天授二年	明堂后又造天堂，以安佛象。这样高达百余尺的木构建筑不久被大风吹倒，复又重建未果。
692	长寿元年	初隋建洛阳东都无外城，仅有短墙而已。李昭德始筑外城。
694至695	延载年间	八月，征民间铜铁，造"天枢"于端门外，翌年四月成。天枢高37米，直径3.5米，平面圆形，上刻颂文。
700	久视元年	十二月，造三阳宫于河南嵩山，台观壮丽，仅三月即成，是采用快速施工法，由将作监少匠柳佺主其事。
704	长安四年	重建慈恩寺塔（大雁塔）十级，后改七级，高60米。
705	中宗神龙元年	各州建大唐中兴寺、中兴观（后为开元寺、开元观）。
707	唐中宗景龙元年	建荐福寺塔（小雁塔），平面方形，十五层，高43米，是用泥浆砌筑的空腔型砖塔。下有较大的夯土塔基，在夯土层中埋有纵横间木梁以加强基础的整体性，故屡经地震，塔身纵裂，分而复合者多次，迄未倒塌。
711至808	睿宗景云二年	建房山云居寺小石塔一，其后太极元年（712）、开元十年（722）、十五年（727）、二十八年（740）、元和三年（808）各建一座，均方形密檐塔。
713	开元元年	重建盐官捍海塘长二百二十四里。 建嵩山法王寺塔。 建长沙铁佛寺铁塔。
714	二年	八月，颁修常平仓法至诸州。
715	三年	凿四川广元千佛崖。
721	九年	增修蒲州西门外黄河浮桥，铸铁牛八以系竹缆索，人称奇绝。
724	十二年	改建蒲州浮桥，将竹索木柱改为铁索铁柱，并加大浮船的间距以增加浮桥抵抗洪水冰凌的能力。经

公　元	朝代纪年	大　事　及　成　就
		大修后一直沿用至宋。
727	十五年	一行创建琉璃戒坛于河南登封会善寺。
737	二十五年	玄宗遣将作大匠康䛒素欲毁乾元殿，殿即武则天所建之明堂，原为木瓦。夹纻漆之。䛒素以为劳人，及去其上层易以真瓦。
741至742	开元二十九年至天宝元年	十一月，李齐物开凿三门峡的“新门”，在岩石中用烧石泼冷水办法凿渠长280米，宽6—8米，河身高5—10米。翌年一月渠成。
742至755	天宝年间	王鉷在住宅内造“自雨亭”，当盛署季节乃引水通至屋面，只闻屋上泉鸣，飞流四注，极为凉爽。 李林甫在宅内创建平面弯曲如扇面的厅堂，名“偃月堂”。
746	天宝五年	净藏禅师卒于河南登封会善寺，所建墓塔是国内现存最古八角形砖塔，塔身除正面用圆形门拱外，所有雕饰全部仿照木结构。
755	十四年	鉴真和尚东渡日本，随后在日本建唐招提寺。
759	肃宗乾元二年	李筌著《神机制敌太白阴经》，记录我国早期水平仪及测量工具。
762	代宗宝应元年	西藏山南建桑鸢寺。
763至779	代宗时期	鱼朝恩在室内筑一室，四壁夹安玻璃板，中贮江水及萍藻、诸色鱼虾水产名“藻洞”。
780至783	德宗建中年间	广州建怀圣寺。 杨炎在中书省后阁用油纸糊窗（《云仙杂记》载）。
782	建中三年	建山西五台县南禅寺大殿，是全国现存时代最早一座木构建筑。
820	穆宗前	建苏州宝带桥，南北长百丈，下为圜洞凡五十三，中间桥洞特高以通船只往来。石圆拱桥比较普遍，但最长的当推此桥。
839	文宗开成四年	建长安兴教寺窥基塔。
845	武宗会昌五年	秋七月，灭法，毁天下寺四千六百，招提兰若四万。
857	宣宗大中十一年	建山西五台山佛光寺东大殿。殿平面矩形，7×4间，634平方米，高17.7米。殿内用内外两圈高度相同的柱子，层叠多层木枋，构成内外两道环，其间用斗栱和梁枋穿插拉结连成整体，以上再架承重的梁、檩、椽构成屋顶。
890至893	昭宗大宋元年至景福二年	吴越国筑杭州夹城，环包家山及秦望山而回凡五十余里，皆穿林架险而版筑，工程很艰巨。隔二年，又由士兵、役徒二十万众新筑杭州罗城，自秦望山由夹城东至江干及钱塘湖、霍山、范浦凡七十里。
	唐末五代	朱遵度《漆经》成书，这是我国最早一本漆工专著。
907至960	五　代	建河北正定文庙大成殿，开元寺钟楼。 建山西平顺大云寺大殿。 喻皓生，建苏州云岩寺塔（959）。
910	梁太祖开平四年	吴越建捍海石塘，自六和塔至艮山门长三十三万八千五百九十三丈，下石笼，树巨木，仅二月时间即筑成。施工时，并立铁幢以作测量标尺。
922	梁龙德年间	吴越筑阖闾城，用砖砌。砖以澄浆制坯。
925	前　蜀	建王建墓（四川成都）。用石拱为肋，共十四道，上覆石板为券。墓椁座石雕精美。
937至1097	大理国	建崇圣寺双塔（云南大理），砖砌高40多米，八角。
941	晋天福六年	建崇妙保圣坚牢塔（福建福州），为我国多层石塔最早遗物。又名“乌塔”。
907至960	五　代	建南京栖霞山舍利塔。
956	后周世宗显德三年	柴荣建东京开封城。
959	六　年	建苏州虎丘山云岩寺砖塔。塔平面八角形，由外壁、回廊与塔心三部分组合而成。七级，高44.6米，底径13.5米。这种外层砖壁内有砖塔心柱，用砖砌楼层的新结构方法，在唐以前还未见过。塔内还发现竹钉及瓦工用的木泥刀，他处也少见。
960以后	宋　代	建福州华林寺大殿。 麟州（陕西神木县北）无井，唯沙泉在城外，欲拓城包之，而土善陷。当地人乃仿古代筑地基的拔轴法，去其沙，实以末炭，以土涂塞孔隙。地基坚固，即可版筑其上，自是城得不陷。 据记载，三合土在宋代已常用。江南墓往往为村人所发取砖以卖，有识之家不用砖葬，帷以石灰和筛土筑实，其坚如石。 乔维岳在淮南所建便于航运的复式船闸，欧洲到十四世纪时，才有复闸。 陈希亮创建宿州飞桥，无柱，以通往来。
960至962	宋太祖建隆年间	以八作司出纳积弊，于都城置事材场，专管营建所需木材之保存、供应与加工。置退材场，专管废退木料之挑选与重行分配供作其它使用。这样木材得到大量节约。
960至992	宋　初	赵普建第宅，涂壁以麻捣土，当时谓之“麻捣”。
961	建隆二年	向拱重修洛阳天津桥，置高数丈的石墩，在迎水面处锐其前以疏水势。石块纵缝间用铁鼓联系，其制甚固。
962	三　年	正月，扩建东京城，命有司画洛阳宫殿图，按图修之。皇城周回五里。 东京城东水门外七里有虹桥，其桥无柱皆以巨木虚架，饰以丹雘，宛如飞虹。上、下土桥亦如此。又有仙桥，南北约数百步，桥面三虹，朱漆栏楯，下排雁柱，中央隆起，谓之“骆驼虹”，若飞虹状。 东京有完善下水道，沟渠极深广。据记载，往往亡命之徒，多匿藏其中。边城城上置战棚，木结构，大体类敌楼，可以离合，设之顷刻即成，以便防守。
963	南汉大宝六年	建光孝寺西铁塔（广东广州）。
	北汉天会七年	建镇国寺万佛殿（山西平遥），大梁题记有“赤白都料”，“结瓦都料”等词。
964	乾德二年	四月，钱弘俶建杭州城南宝塔寺，治平中（1065年左右）改名梵天寺。始建时木塔发生颤动，采纳木工喻皓的建议，用钉把楼板钉在梁架上后，塔即稳定。
967	南汉大宝十年	建光孝寺东铁塔（广东广州）。
970	宋开宝三年	建敦煌莫高窟，427窟窟檐。
971	四　年	始建河北正定龙兴寺佛香阁，内立大铜观音像，高22米。嗣后又建转轮藏等建筑。
975	八　年	杭州雷锋塔建成。
976	九　年	建敦煌莫高窟444窟窟檐。
976至997	太宗年间	旧例凡新船造好后停泊河中，每一船要调三万居民看守，这样每年需役户数千。张平为了减轻徭役负担，挖地引水，建成内坞专供造船，从而出现了世界上最早的干船坞建筑。
977	太宗太平兴国二年	建开封繁塔。
980	五　年	建敦煌莫高窟431窟窟檐，老君堂慈氏之塔。
982至987	七年至雍熙四年	建苏州双塔。
984	辽圣宗统和二年	建蓟县独乐寺观音阁。阁平面5×4间，面积近290平方米，外观二层，高18.9米。由“殿阁”型构架重叠三层（中间一层是暗层），在内部构成了三层通高的空井。这种构架是靠内外两圈柱、槽和梁枋斗栱构成一圈强度较大的外环来保持建筑的稳定，虽经多次地震没有倒塌。又建山门。
988	宋太宗端拱元年	五月，作秘阁（藏书库）。内诸司舍屋惟秘阁最宏壮，阁下穹窿高敞，故有“木天”之称。
989	二　年	喻皓造开封开宝寺塔，木构，八角十三层，高三百六十尺。当造塔之前先作塔式，勘察地势，预见到北面基础有可能因潮湿而引起不均匀沉陷，立刻采取填高塔基的措施。 传《木经》三卷即喻皓所著，已佚。 是年，喻皓卒。
十一世纪	北宋辽	创建泉州清净寺（伊斯兰教）。 建山西大同善化寺大殿及朵殿。 建山西大同下华严寺海会殿。 建河北涞源阁院寺文殊殿。 建河北新城开善寺大殿。
1001至1055	四年至仁宗至和二年间	建河北定县开元寺料敌塔，砖砌，平面八角形，高84米，底径24

公元	朝代纪年	大事及成就
		米。塔分外壁、塔心二部。底层外壁厚4.8米，塔心径11.2米，四面开龛，在各层龛之间交错辟梯道。各层顶部用叠涩挑砖相接，其上平砌砖为上层地面。此是现存最高的古代砖塔。
1008至1014	大中祥符元年至七年	建玉清昭应宫，有司料工须十五年成，修工使丁谓采用快速施工，以夜继昼，每绘一壁给二烛，七年乃成，凡二千六百二十楹。副使对屋有不中程式的，虽已完成必毁而重建，对工程质量极注意。
1013	六　年	建浙江宁波保国寺大殿。
1015	八　年	皇宫失火，丁谓负责修复宫室，患取土地远，乃令先挖大路土用。再引汴水入路坑作为船运材料的水道。待工程完毕，又将废弃烂瓦、灰土填入路坑使它恢复原来街道，将取土、运料、回填废土三事一举而毕，省费亿万计。
1020	辽圣宗开泰九年	建义县奉国寺大殿。殿平面9×5间，面积1210平方米。构造特点是内柱随着屋顶坡度而增高，低柱上的梁尾插入高柱柱身，构成一道道横向连系较紧密的梁架，靠插入柱身的梁尾榫卯保持建筑的横向稳定。又在每道梁架之间用额、枋、檩等构件连接，保持了建筑纵向的稳定，这是"厅堂型"构架方法之例。
1023至1031	宋仁宗天圣年间	建飞梁于太原晋祠正殿前，横跨鱼沼上。先在池中立方约30厘米的石柱若干，柱上端微卷杀如殿宇之柱。柱上用普拍枋相交，其上置斗，斗上施十字栱相交以承梁或额。
1032至1033	明道年间	山东益都牢城废卒某，用巨石做河两旁堤岸，取大木数十相贯从两岸架起一种不用柱的"飞桥"试制成功。以后就推广到汴河沿岸各地采用，一般使用期限在五十年以上。其形象如《清明上河图》中虹桥所示。
1034至1037	景佑元年至四年	张夏纯用石砌捍海塘，自杭州六和塔至庆春门。是纯用石料筑塘之始。
1038	宝元元年	大同上华严寺佛殿、下华严寺薄伽教藏殿成。殿内天宫楼阁经藏是小木作的精品。
1044	庆历四年	开封开宝寺塔被毁后乃于上方院依原式造铁色琉璃砖塔。塔平面八角形，底径10.24米，高57.34米，十三级，是现存砖塔中细长比最大的一座。塔身先用白灰砌青砖，外再饰铁色琉璃面砖，俗称铁塔（即祐国寺塔）。 曾公亮《武经总要》载测量工具及城垣守备建筑工程甚详。
1048	八　年	黄河在商胡（河南濮阳县东）决口，宽557步，多次合龙失败。最后采用河工高超的建议，分三节下埽巧合龙门，才堵住了决口。 沈立《河防通议》编成，是一本最早的治河技术专书，其中筑城、筑堤是为夯土工程最早规章文献。
1047至1050	庆历七年至皇祐二年	王安石在浙江鄞县修海塘采用坡陀法，以杀潮势。
1050左右	辽中期	建房山云居寺北塔，为辽塔典型之一。
1052	皇祐四年	建河北正定龙兴寺摩尼殿。上檐昂上皮有年月题记。平面四出抱厦，形制特殊。
1053至1059	五年至嘉祐四年	建泉州万安桥，桥长834米，有桥墩四十六座。桥身为长条石梁，全部用花岗石砌成。此桥的特点一是用"筏形基础"，二是繁殖蛎房来胶固石块，三是把几十吨重的石梁放在木排上，随着海潮涨落安装在桥墩上，为近代的浮运施工法开了先例。
1056	辽道宗清宁二年	建山西应县佛宫寺木塔。塔高67.31米，是世界现存最高的木构建筑。塔身八角九层（外观五层），采用联结内外槽构成的筒型框架结构，并利用平座暗层做成四道具有一定刚度的井干式圈梁。这与早期多层木构的中心柱结构方式相比。不但保证了中空间的利用，而且大大提高整体的抗弯剪的性能，九百多年来虽然经过多次强裂地震，安然无恙。
1060至1065	宋仁宗嘉祐五年至英宗治平二年间	李诫生。
1072	神宗熙宁五年	九月，沈括勘察汴河水道，采用分层筑堰法，测量地势高低。
1075至1078	八年至元丰元年	熙宁八年九月修建汴梁城墙，元丰一年十月完工，在施工中"创机轮以发土"，这是在土建工程中使用挖土机的最早记录。
1075	熙宁八年	沈括编定《修城法式条件》。内容除城、壕做法外，还包括敌楼马面、团敌的式样、间距、规格等。
1079	元丰二年	西藏建萨迦北寺。
1091	六　年	将作监第一次修成《营造法式》，下令颁行。
1094至1097	绍圣年间	惠州（广东惠阳）城内水咸苦，乃用大竹管引蒲涧山泉水到城内供居民汲用，长达二十里。当时对竹管的连接方法、防裂处理及检查通塞等均作有妥善措施。竹材大规模用之城市引水工程。
1097	绍圣四年	西藏日喀则建拉孜寺。
1097至1100	四年至元符三年	李诫编定《营造法式》。全书共分三十六卷，各种工程的做法、材料规格、运输、材料消耗定额、人工等均有详细规定并附图样。徽宗崇宁二年（1103年）刊行。 五代时已用护堤护岸桩，《营造法式》中有基础打桩的规定。柱础坑也由素夯土进而加夯砖石渣，基础做法有明显进步。同时还规定砌砖瓦时用石灰的做法，说明当时石灰已普遍使用。
1105	徽宗崇宁四年	李诫、姚舜仁进明堂图。
1110	大观四年	李诫卒。
1117至1122	七年至宣和四年	作万岁山（艮岳）。其中假山洞数十，洞中皆筑以雄黄及炉矸石，至天阴时能产生雾，一如深山穷谷样，是叠山建筑中变人工为自然的新技术。
1124	金天会二年	建山西应县净土寺大殿。
1125	宣和七年	河南登封少林寺初祖庵成。
1127至1129	南宋时代	在晋江上建金鸡桥时，传说用"睡木沉基"，这是相对于"桩基础"说的。它的做法系用木筏沉到江底作桥基，使石墩下传的重量分布到大约一倍于墩身平面面积的河底来共同承受。同时，对河底大片泥沙也起到压实、固定作用。这比筏形基础工程量减少很多，是一大进步。
1131	南宋绍兴元年	重建苏州报恩寺塔（北寺塔）。
1137	金太宗天会十五年	建山西五台山佛光寺文殊殿。殿内用两个纵向组合梁各承受两组梁架，省去了四根内柱。它由上下两根梁中间夹以竖杆斜撑组成，斜撑和梁的交接采用齿形结合。这是平行弦桁架的雏型。
1138	南宋绍兴八年	南宋定都临安（浙江杭州）。
1138至1151	八至二十一年	建福建晋江安平桥，全长2070米（原长811丈折算为2500米，现已减短），362孔。其长超过五里，又名五里桥。
1140	金熙宗天眷三年	僧通悟等重建大同上华严寺正殿。殿面阔九间，进深十椽，形制古朴。
1143	金皇统三年	建山西朔县崇福寺弥陀殿。
1145	绍兴十五年	王唤重刻《营造法式》于平江（江苏苏州）。
1151	金海陵王天德三年	完颜亮始营燕都（北京），遣画工写汴京宫室制度，张浩按图修之。筑城用涿州（河北涿县）土，据记载：人置一筐，左右手排立定，涿至燕传递，空筐出，实筐入，人止土一畚，不日成之。
1153	绍兴二十三年	建杭州净慈寺五百罗汉堂，堂宇平面为了采光关系作田字形，称之"田字殿"。绍兴二十八年（1158年）完工。 建杭州六和塔，八角七层，高约60米，隆兴元年完工。清末修理时，外包十三层檐的外壳。
1156至1160	金正隆年间	修汴京宫室时，木材多取之关中。张中彦勾崖驾壑，起长桥十数里，以车运木，若行平地。
1162	三十二年	扩建杭州秦桧宅为德寿宫。宫内苑囿叠石象飞来峰，凿大池以竹管引西湖水。
1161至1181	金大定年间	建河北正定广惠寺花塔。
1163	金大定三年	建山西平遥文庙大成殿。
1168	八　年	建山西太原晋祠圣母庙献殿。
1169	孝　宗	建广东潮州广济桥。桥长518米，分东段、西段、浮桥三部分。东西段是石桥，中间则以船联成浮船，长达97米。在大船通过时，把浮桥断开。这是固定桥与浮桥结合

公　元	朝代纪年	大　事　及　成　就
		最早之例，也是世界上第一座开关活动式大石桥。
1170	六　年	修安徽和县城。曾用糯米浆调白灰砌城墙的新方法，使墙身大大坚固。
1175	金大定十五年	建河南洛阳白马寺齐云塔。
1179	宋淳熙六年	建苏州玄妙观三清殿。外檐石柱，上昂为国内孤例。
1188	十五年	正月，南宋帝陵在会稽（浙江绍兴）始建，因系暂葬性质，取名"攒宫"。墓室附在献殿后之"龟头屋"，启后世明清陵墓方城、明楼制度。
1190至1195	金章宗明昌年间	建河北赵县永通桥（小石桥）。它和同县的安济桥（大石桥）形式相似而较小，但在发券方法上有所改进。
1192	明昌三年	建北京芦沟桥，是桥长212米，十一孔，最大跨13.5米，桥宽9.3米的联拱式石桥。经明代修过，至今可容四百吨平板车通过。
1195	六　年	建山东曲阜孔庙碑亭11号及8号。
1228至1237	绍定元年至嘉熙元年	建泉州开元寺西塔，石造，五层，高48.24米，为最大石塔。
1229	绍定二年	平江图碑刻定，是研究南宋城市建筑的重要资料。碑现存苏州博物馆。
1237至1240	嘉熙年间	建福建漳州江东桥。此桥最大一孔，用三根五尺高、七尺宽的大石梁并列为桥面，跨径达七丈余，重约200吨，石墩筑成下小上大似船体形式。其目的在扩大石梁跨径，减少桥墩数量和增加泄水面积。
1241至1252	淳祐年间	建广州光孝寺大殿，用梭柱。
1238至1247	嘉熙二年至淳祐七年	建泉州开元寺东石桥，八角，五层，高44.06米。
1247	淳祐七年	秦九韶著《数术九章》，涉及建筑测算处甚多。
十三世纪	元　代	建山西洪洞广胜下寺山门，上寺弥勒殿。
1247至1262	元定宗二年至世祖中统三年	建山西芮城永乐宫三清殿，纯阳殿、重阳殿、龙虎殿，为重要道教建筑。
1256	宋宝祐中	建泉州盘光桥，石梁，一百六十间，四百余丈，广一丈六尺。长于洛阳桥。
1264至1294	至元年间	重建河南登封告成镇（古阳镇）观星台。由台身、石圭、表槽三部组成，台连屋通高12.62米，下边宽16米，上边宽约下边之半，形系覆斗，是一座配合天文科学所造的高台建筑。
1267至1274	至元四年至十一年	忽必烈在金中都城东北建大都城。十一年建成，负责技术的是阿拉伯人黑迭儿丁。大都城内不建坊墙，街道都是开敞布置，是宋以后城市的新发展。大都及上都城门均用砖券。
1268	五　年	西藏建萨迦南寺。
1270	七　年	建河北曲阳北岳庙德宁殿。为现存元代木构最大一处。
1275	南宋德祐元年	建扬州仙鹤寺（伊斯兰教礼拜寺），清代重建。
1279	至元十六年	建大都观象台。
1279	十六年	建圣寿万安寺(明代改妙应寺)砖塔。塔高50.7米，外表抹灰刷白，俗称"白塔"。由尼泊尔人阿尼哥设计完成。
1281	十八年	建杭州真教寺（凤凰寺、伊斯兰教建筑）。正殿不用木架，全用砖砌，顶部作穹窿式。较之佛教之砌无量殿为早。
1283至1292	二十至二十九年	开凿济州河等运河，与隋代运河相接，形成近代大运河的雏形。大运河全长1782公里，是目前世界上最长的一条运河。
1288	二十五年	杨琼卒。
1294	三十一年	建山西芮城永乐宫无极门。
1295	成宗元贞元年	建山西太原昊天观石窟，为最早道教石窟。
1302	大德六年	建山东曲阜孔庙碑亭（9号）。
1306	成宗大德十年	僧德宝就河北定兴县城内旧大悲阁故址重建慈云阁。阁平面近方形，因内部纵横双方都未超过8米，故仅有檐柱而无金柱，檐柱内外两层相隔甚近，都包在墙身内。除正定隆兴寺慈氏阁外，国内尚未发现同样之例。 建河北安平圣姑庙正殿，为工字殿。
1307	十一年	建湖北均县武当山铜殿。殿仿木结构铸，通体榫卯，可拆可合。高2.4米，宽2.7米，深2.5米，平面一间，略呈方形，结构简单、朴实，正面角柱间使四抹球纹隔扇，顶作悬山式。为我国最早的铜殿。
1309	至大二年	建山西洪洞广胜下寺大殿。
1313	仁宗皇庆二年	王祯著《农书》，载涂灰防木材虫蛀法。
1315	延祐二年	建山西浑源永安寺传法正宗殿。
1317	四　年	建浙江武义延福寺大殿。
1318	五　年	建浙江金华天宁寺正殿。
1319	六　年	建山西洪洞广胜下寺龙王庙明应王殿。
1320	七　年	建上海真如寺正殿。
1321	英宗至治元年	沙克什（瞻思）《河防通议》编成。此书总结治河防洪经验，记载筑堤、防汛等许多工程技术。
1322	二　年	改建福州闽江万寿桥，桥长800米，宽4.5米。大石梁宽1米，高1.2米，长9—10米，每根石梁重约40吨。石梁上横架石板做成桥面，是石梁、石板并用的大石桥。
1326	泰定三年	建山西太谷光化寺大殿。
1327	四　年	建河南济源大明寺中佛殿。
1338	顺帝至元四年	建江苏吴县杨湾轩辕庙正殿。明弘治、嘉靖重修。
		建苏州云岩寺二山门。
1339	至元五年	建山东曲阜孔庙碑亭10号。
1341	至正元年	重建泉州清净寺（伊斯兰教礼拜寺）。寺内当地花岗岩条石砌成，系阿拉伯风格。
1341至1367	至正年间	创建苏州狮子林，园内假山传为画家倪云林设计。
1345	至正五年	建北京居庸关云台，台下券洞内雕刻四天王，生动秀丽，是元代石雕精品。
1350	十　年	建广州怀圣寺光塔。
1357	十七年	建河北正定阳和楼。
1363	二十三年	僧道在建苏州天池山寂鉴庵正殿石屋。殿依山岩，歇山九脊顶，面阔三间，宽6.9米，进深二间长5.17米。殿壁题名记碑末刻：建殿造象作头吴文漳。
1366	顺帝二十六年	八月，朱元璋称吴王，作新宫于南京钟山西南。十二月，建庙社宫室，所司进宫殿图，命去雕琢奇丽者。 八月，改筑应天府城，城周九十六里，辟城门十三。当时城墙都用砖包砌，砌砖时并用石灰和以糯米粥浆（据《天工开物》载更掺以羊桃藤汁）。城基在山地利用山岩，平地用巨大石条砌筑，墙顶则以桐油与土的拌和物结顶。城宽10—18米，高12—15米，顶部宽7—12米，其艰巨与牢固超过以往任何一个城市。至于外郭，周一百八十里，均利用天然土坡未起城垣。
1367	二十七年	南京新宫成。周以皇城，皆朴素不为雕饰。
1368	明太祖洪武元年	闰七月，定都金陵。以应天为南京，开封为北京，始建六部。
1368至1371	元年至四年	修复自玄武湖引水入城的武庙闸。工程包括城外进水口、穿城涵洞和城内出水口三部分。其穿城涵洞名灵福洞，石拱涵宽1米，高1米，长3.75米，置92厘米圆铸铁管涵长37米，92厘米圆铜管涵长达103米。这种以生铜为管而砌以巨石拱的筑沟之制，自明才有。
1369	洪武二月	九月，以临濠（安徽凤阳）为中都，建造城郭、宫殿如京师制。
1369至1373	二年至六年	改筑原东水门为水关，东水门城墙始建于南唐梁乾化四年（914年）。水关砖石结构共三层，每层十一拱，下层通水即涵洞，上两层靠城外一端不通是屯兵所在。下层较中层为小，上层更小之。
1370	三　年	十二月填燕雀湖始建大内奉天殿，次年成。
1378至1560	十一年后	建青海湟中塔尔寺，为宗喀巴（黄教创始人）诞生地。
1381前	十四年以前	自元末开始，砖结构建筑大量增加。明营建孝陵时迁灵谷寺到钟山东麓，曾建大殿全用砖筑称无梁殿。殿平面长方形，东西53.8米，南北37.8米。砖拱随殿进深作前、

公　元	朝代纪年	大事及成就
		中、后三跨，中部较高。殿为重檐歇山顶，出檐不大，在外形上虽受到木结构的影响，但尚保持着一定砖石结构的风格。
1381至1383	十四年至十六年	营孝陵于钟山，历三年孝陵殿成。按历代山陵之制，除唐陵因山为坟，汉与北宋皆采用方形之坟（方上）。自明太祖孝陵改方为圆，复并唐宋上、下两宫为棱恩门、棱恩殿，陵的平面配置遂为之一变。
1332	洪武十五年	建南京钟、鼓楼于金川门内，鼓楼在钟楼之东。钟、鼓楼的出现始于隋、唐时期，但当时只置于殿庭前。至城市街道建钟、鼓楼之制，自明以后才普遍。 李新营孝陵有功封崇山侯。
1336	十九年	造通济、聚宝、三山、洪武等城门，明代城门洞已由过去的木构架改为砖砌筒壳。十三门中，三山、通济而外，以聚宝（今中华门）最宏大。其门槛高二尺，长一、二丈，色黝如铁，传为子午石外国贡物。城极高，凡二层，内各有七洞为藏兵所。有瓮城三重，亦条石砌筑上加砖墙。
1397	三十年	蒯祥生。
1401	建文三年	建西藏拉萨噶丹等。
1403	永乐元年	改建北京内城。称北京为“行在”。
1406	四　年	营建北京宫殿。
1409	七　年	营建昌平长陵，建棱恩殿。为现存古代最大木构建筑之一（另一为故宫太和殿）。
1412至1418	十年至十六年	命张信、沐昕率军夫二十余万建武当山庙观，其中有建在悬崖陡壁上的石殿——南岩宫，全用石仿木结构形制建造。
1412至1431	十年至宣德六年	明工部重建南京报恩寺塔。规制悉依大内图说，八面九级。外壁以白磁砖合甃，自一级至九级所用砖数相等而体积则按级缩小，佛象亦如此。在造砖准备有三套塔材，每成其一而埋藏其二，编号存贮。塔损一砖以字号报工部发同一砖号补之。此塔为中国历史上最高砖塔，达100米余。
1416	永乐十四年	建武当山铜殿（金顶）。殿基花岗石砌，殿身铜铸，仿木结构建筑，重檐庑殿顶。高5.5米，深4.2米，宽5.8米。殿外围栅栏一周，用铜衣包镶。 建西藏拉萨哲蚌寺。
1419	十七年	建西藏拉萨色拉寺。
1421	十九年	迁都北京（顺天府），改京师为南京（应天府）。建北京太庙。
1422	二十年	建北京社稷坛（太社、太稷合一）。
1421至1553	十九年至世宗嘉靖三十二年	北京内城建成，面积35.6平方公里。街道基本上还是沿袭元大都的主干道，城内有较完善的砖筑下水道系统。嘉靖三十二年（1553年）建北京外城。但因工费太大先筑南面，即是今南面外城。面积24.8平方公里。按北京最初本系土城。正统十年（1445年）始内面加砖，至于外面加砖约在永乐初修城时。
1439	英宗正统四年	建西藏白居寺。
1444	九　年	建北京智化寺。寺中各殿梁、枋、藻井上的彩画、雕刻最为精美，万佛象阁藻井已被美帝国主义盗走。 建昌都寺（西藏昌都）。
1447	十二年	建西藏日喀则扎什伦布寺。
十五世纪中期至十七世纪初		继续修筑长城。明代长城全长5660余公里，河北、山西境内城身多砖石包砌，陕西以西则用夯土筑成。除城身外还建有敌楼、烟墩、堡寨。
1465至1505	成化至弘治年间	刻《鲁般营造正式》，现存唯一孤本藏浙江宁波天一阁。
1473	宪宗成化九年	建北京真觉寺金刚宝座塔，仿中印度式。全部石砌，下部是个方形高台，高五丈，台上立五个小塔，台和塔的表面全部饰以佛教浮雕，极精致。
1474	十　年	闰四月，筑边城。东起清水营，西抵花池。长一千七百七十里。凡筑城堡十一，边墩十五，小墩七十八，崖砦八百十九。
1481	十七年	蒯祥卒。
十六世纪		明潘季驯用“筑堤束水，以水攻沙”之法治理黄河，对后来治黄工作有很大影响。他的《河防一览》是水利工程史上重要著作。
1504	弘治十七年	建山东曲阜孔庙奎文阁。
1515至1527	武宗正德十年至世宗嘉靖六年	山西赵城广胜上寺飞虹琉璃砖塔成。明代琉璃制作在数量、质量上均有较大的发展。这是现存最大琉璃砖塔。
1522至1566	嘉靖年间	创建苏州拙政园。 徐杲生。
1526至1606	嘉靖五年至万历三十四年	陆续建造西安清真寺。
1530	嘉靖九年	五月，建北京天坛圜丘。全部青石建成，最高层离地面5米，直径22.8米。
1534	十三年	张问之《造砖图说》一卷成书。 七月，建北京神御阁（皇史宬），系石建档案殿，有五个宽大的石门直通殿内，殿内建有1米多高的石台，放置一百五十三个大金匮。整个建筑便于泄水、通风，可防止档案受潮湿。
1539	十八年	八月，建北京天坛穹宇，其中回音壁是圆形围墙，高6米，直径65米，整个围墙砌得整齐光洁。
1540	十九年	重建大祀殿，后为祈谷坛，即今祈年殿之前身。
1541	二十年	重建太庙，复同堂异室之制。
1544	二十三年	筑北京外城。
1578	万历六年	建四川理圹寺（藏族喇嘛寺院）。
1582	十　年	《园冶》作者计成生。
1587	十五年	周梦旸《水部备考》十卷成书。分职官、河渠、桥道、舟车、织造、器用、权量、征输、供亿、丛书十考。 《天工开物》作者宋应星生。
1603	三十一年	建苏州开元寺无梁殿。
1616	四十四年	贺盛瑞于万历二十四年（1596年）经办乾清、坤宁两宫工程，两年间以七十万两之费竣事，省员省费，倍蓰于昔。曾将修宫经过择《两宫鼎建记。》，又名《冬官纪事》。殁后由其子仲轼录刊行世。
1619	四十七年	雷发达生。
1623至1627	天启三年至七年	朱家民在贵州建盘江铁索桥。
1625顷	明　末	梁九生。
1625	天启五年	嘉兴漆工杨明为黄成《髹饰录》作注刊行。分二集，上集述原料、工具、方法等，下集述漆器分类、装饰手法等，是现存完整具有总结性的漆工专著。 满族建后金王朝（清朝前身），在沈阳建宫室。
1627	七　年	北京重建中和殿、保和殿成。 瑞士人邓玉函《奇器图说》由王征译收入《守山阁丛》书子部，刊行于世。
1634	思宗崇祯七年	计成《园冶》三卷成书。初名《园牧》，曹元甫见之改今名。日本刊印名《夺天工》。
1637	十　年	宋应星《天工开物》初版行世。全书十八卷，内述及建筑技术、材料者有井盐、瓦、砖、锯、刨、凿、石灰、蛎灰等节。
1643	后　金	营昭陵（沈阳北陵）葬皇太极。
1644	清顺治元年	明亡，清兵入关，建立清朝，都北京，称京师。以盛京（沈阳）为陪都。
1645	清世祖顺治二年	五世达赖善慧海取得政权后，在西藏拉萨修建布达拉宫。宫外观十三层，内部九层，高达200余米，表明藏族人民砌石墙的卓越技能。历时五十年完成。
1654	十一年	修西苑北海，建白塔于琼岛山巅。
1664	康熙三年	方以智《物理小识》，记青矾蒸煮防白蚁法。
1665	四　年	梁化凤建西安普济桥，记载称其“石盘作底，石轴作柱，水不激而沙不停留，至今巩固。”以石柱代桥墩，是一个创举，以后当地灞、浐、沣三桥做法，即师其制，称“石轴柱桥”。
1672	十一年	李渔择《一家言》，中有居室部，于房屋设计布置别具心裁。
1673	十二年	重建苏州玄妙观弥罗宝阁。

公　元	朝代纪年	大　事　及　成　就
1680	十九年	工部建琉璃窑于北京。
1693	三十二年	雷发达卒。
1694至1734	三十三年至雍正十二年	建北京雍和宫，是清代关内建筑规模最大一座喇嘛庙。万福阁内有高达20余米的木雕佛像，是全国现存最大木雕之一。
1695	康熙三十四年	重建太和殿，事先老工师梁九手制大殿木模型以进。不逾数尺，规模悉具。
1701	四十年	建四川泸定大渡河泸定桥。东西长三十一丈，宽九尺，铁索九条，上铺木板以利人行，另用铁索二条作扶栏。
1703至1708	四十二至四十七年	始建避暑山庄于热河（河北承德市），占地八百余亩。
1704	四十三年	重建武昌黄鹤楼。清式形制由二层改为三层，平面十字折角形，全部木构。高十八丈，楼中用四十八根木柱支撑，四周各层可供登临。
1708至1900	四十七年起	建甘肃夏河拉卜楞寺，历时近二百年。
1709	四十八年	始建北京圆明园。当时有郎世宁、王致诚等法教士参予其事，园中造成欧式宫殿，此后我国建筑也受其影响。
1730	雍正八年	重建孔庙大成殿。
1734	十二年	工部颁行《工程做法》。
1748	高宗乾隆十三年	北京碧云寺金刚宝座塔成。
1755至1780	二十年至四十五年	自乾隆二十年起，先后在河北承德模仿内蒙古、新疆、西藏各建筑样式建普宁寺、安远庙等巨大建筑群（外八庙）。
1774	乾隆三十九年	于紫禁城文华殿后建文渊阁，贮藏《四库全书》。1775年，于热河行宫建文津阁贮藏《四库全书》。
1778	四十六年	建宁夏银川海宝塔。
1796至1820	嘉庆年间	李斗著《扬州画舫录》，记扬州园林甚祥；其十七卷“工段营造录”述内府做法颇祥。 刘蓉峰于明代徐氏东园基础上重建苏州寒碧山庄，是后来留园主要部分的先身。 四川灌县建安澜桥，以竹索为之。
1798	嘉庆三年	建新疆喀什艾提卡尔大寺。
1803	八　年	重建江西临川东门外文昌桥。此系石拱桥，施工时采用干修法以代替过去水修法，质量从而很大提高。
1826	道光六年	建新疆喀什阿巴伙加玛扎。
1833至1834	十三年至十四年	建西安东北二十里灞水上灞桥，于石轴柱上架木梁，铺板，其上再筑灰土覆以石板，以便车马往来。所用材料则混用木石二种。灞桥长一百三十四丈，分六十七间（龙门），砥柱四百有八。桥面两侧翼以石栏。栏以内约宽7.5米。施工时采用筑堤排水的干修法。
	清　末	建四川雅安雅江桥，系结构最简单的竹板桥，惟桥墩是用厚竹篾编成竹笼，中间满盛大块卵石，使成一个既重又大的整体，以防止水力冲击。

附表一　本书各章执笔人名单

前言　《中国古代建筑技术史》编审组	
绪论　《中国古代建筑技术史》编审组	
第一章　原始社会时期的建筑技术	杨鸿勋（中国社会科学院考古研究所）
第二章　奴隶社会时期的建筑技术	任继奉（国家文物事业管理局）
	黄景略（国家文物事业管理局）
	王　宜（国家文物事业管理局）
第三章　封建社会时期建筑技术的发展概论	赵立瀛（西安冶金建筑学院）
第四章　土工建筑技术	张驭寰（中国科学院自然科学史研究所）
第五章　木结构建筑技术	
概说	陈明达（建筑科学研究院）
第一节　战国至西汉的木结构	陈明达（建筑科学研究院）
第二节　东汉至南北朝的木结构	陈明达（建筑科学研究院）
第三节　隋唐五代的木结构	郭湖生（南京工学院）
第四节　辽代木结构	余鸣谦（文物博物科技保护研究所）
	杜仙洲（文物博物科技保护研究所）
第五节　宋代木结构	祁英涛（文物博物科技保护研究所）
第六节　金代木结构	余鸣谦（文物博物科技保护研究所）
第七节　元代木结构	杜仙洲（文物博物科技保护研究所）
第八节　明清木结构	罗哲文（国家文物事业管理局）
	于倬云（故宫博物院）
第九节　木装修技术	李竹君（文物博物科技保护研究所）
第十节　木结构建筑的基础	祁英涛（文物博物科技保护研究所）
第十一节　附竹结构建筑技术	孙宗文（江苏省建筑科学研究所）
第六章　砖结构建筑技术	
概说	邵俊仪（重庆建筑工程学院）
第一节　墙体砌筑技术	叶启燊（重庆建筑工程学院）
第二节　砖顶结构技术	邵俊仪（重庆建筑工程学院）
第三节　砖铺地和砖贴面	周文谦（重庆建筑工程学院）
第四节　铺瓦工程	尹培桐（重庆建筑工程学院）
第五节　高层砖结构——砖塔	郭湖生（南京工学院）
	张驭寰（中国科学院自然科学史研究所）
第七章　石结构建筑技术	
概说	喻维国（上海同济大学）
第一节　石窟工程	喻维国（上海同济大学）
第二节　石结构建筑	陈从周（上海同济大学）
第三节　石桥	金大钧（上海同济大学）

第四节　石海塘	宋正海（自然科学史研究所）
第五节　木构建筑的石构件	王璞子（故宫博物院）
第八章　建筑材料的加工和制作	
概说	侯幼彬（哈尔滨建筑工程学院）
第一节　木材的采伐和加工	邓其生（华南工学院）
第二节　石材的开采和加工	孙宗文（江苏省建筑科学研究所）
第三节　砖的制作技术	陶友松（哈尔滨建筑工程学院）
第四节　瓦的制作技术	侯幼彬（哈尔滨建筑工程学院）
第五节　琉璃砖瓦的制作技术	单士元（故宫博物院）
第六节　石灰及胶泥	白佐民（重庆建筑工程学院）
第九章　建筑装饰技术	
概说	胡东初（甘肃省基建局）
第一节　历代建筑色彩和彩画	胡东初（甘肃省基建局）
第二节　明清建筑彩画技术	李巨贤（北京市房修一公司）
	马瑞田（北京市园林局）
	刘金海（北京市房修二公司）
	高成良（北京市房修二公司）
第三节　建筑油漆	马瑞田（北京市园林局）
	李巨贤（北京市房修一公司）
	刘金海（北京市房修二公司）
	高成良（北京市房修二公司）
第四节　建筑雕刻技术	律鸿年（北京市文物管理处）
第五节　建筑镏金技术	蒋博光（故宫博物院）
第十章　建筑防护技术	
概说	邓其生（华南工学院）
第一节　古代建筑的通风和采光	邓其生（华南工学院）
第二节　古代建筑的防腐和防蚁	陆元鼎（华南工学院）
第三节　古代建筑的防火	龙非了（华南工学院）
第四节　古代建筑的采暖和防寒	曹　汛（辽宁省博物馆）
第五节　古代建筑的抗震	曹　汛（辽宁省博物馆）
第六节　古代建筑的防潮与防碱	邓其生（华南工学院）
第十一章　少数民族建筑技术	
概说	郭湖生（南京工学院）
第一节　藏族建筑	江道元（四川省工业建筑设计院）
附四川羌族建筑	王绍周（上海第八建筑公司）
第二节　蒙古族建筑	张驭寰（中国科学院自然科学史研究所）
第三节　新疆少数民族建筑	肖　默（敦煌文物研究所）
	滕绍文（新疆自治区建筑设计院）
第四节　回族建筑	赵立瀛（西安冶金建筑学院）

第五节　朝鲜族建筑	张驭寰（中国科学院自然科学史研究所）
第六节　云南少数民族建筑	肖　默（敦煌文物研究所）
	罗　钰（云南省博物馆）
附贵州苗族建筑	王绍周（上海第八建筑公司）
第十二章　城市建设工程	
概说	郭黛姮（清华大学）
第一节　封建早期城市	
一、鲁城	张学海（山东省博物馆）
二、薛城	万树瀛（滕县文化馆）
三、临淄城	张学海（山东省博物馆）
四、燕下都	石永士（河北省博物馆）
五、邯郸城	陈光唐（邯郸市文保所）
第二节　汉长安城与洛阳城	
一、汉长安城	林　宣（西安冶金建筑学院）
二、汉洛阳城	林　宣（西安冶金建筑学院）
第三节　隋唐大兴城（长安城）与洛阳城	宿　白（北京大学）
第四节　宋东京城与临安城	
一、东京城	卢绳（天津大学）
二、临安城	孙宗文（江苏省建筑科学研究所）
第五节　宋平江府城与静江府城	
平江府城	孙宗文（江苏省建筑科学研究所）
	蔡述传（南京博物院）
静江府城	张驭寰（中国科学院自然科学史研究所）
第六节　元大都城	侯仁之（北京大学）
第七节　明南京城	李蔚然（南京市博物馆）
第八节　明清北京城	侯仁之（北京大学）
第九节　嘉峪关城	罗哲文（国家文物事业管理局）
第十节　真定府城	王璞子（故宫博物院）
第十一节　蓬莱水城	罗勋章（山东省博物馆）
第十二节　古格王国宫城	罗哲文（国家文物事业管理局）
第十三章　园林建筑技术	
概说	汪菊渊（北京市园林局）
第一节　园林理水	梁永基（北京林学院）
第二节　掇山技术	孟兆祯（北京林学院）
第三节　园林建筑	金承藻（北京林学院）
第十四章　建筑设计与建筑施工	郭湖生（南京工学院）
第十五章　建筑著作和匠师	
概说	郭湖生（南京工学院）
第一节　《考工记·匠人》评述	张静娴（清华大学）
第二节　《营造法式》评述	郭黛姮（清华大学）
	莫宗江、张静娴　校（清华大学）

第三节 《鲁班经》评述	郭湖生（南京工学院）
第四节 《园冶》评述	喻维国（上海同济大学）
第五节 《工程做法》评述	王璞子（故宫博物院）
第六节 建筑匠师	
一、鲁班	陈久昆（上海同济大学）
二、阳城延	王绍周（上海第八建筑公司）
三、李春	王绍周（上海第八建筑公司）
四、喻皓	卢绳（天津大学）
	杨道明（天津大学）
五、怀丙	罗哲文（国家文物事业管理局）
六、李诫	郭黛姮（清华大学）
七、杨琼	杜仙洲（文物博物科技保护研究所）
八、蒯祥	陈绍棣（社会科学院历史研究所）
九、徐杲	陈绍棣（社会科学院历史研究所）
十、郭文英	杜仙洲（文物博物科技保护研究所）
十一、梁九	林 宣（西安冶金建筑学院）
十二、雷发达	张驭寰（中国科学院自然科学史研究所）
中国古代建筑技术大事年表	孙宗文（江苏省建筑科学研究所）

附表二 参加本书协作单位名单

国家文物事业管理局
文物博物科学技术研究所
国家建委建筑科学院
故宫博物院
中国社会科学院考古研究所
中国社会科学院历史研究所
清华大学
北京大学
北京市房修一公司
北京市房修二公司
北京市园林局
北京市文物管理处
上海建工局
同济大学
江苏省建筑科学研究所
南京工学院
辽宁省博物馆
山东省博物馆
山东烟台地区文物组
山东滕县文化馆
四川省工业建筑设计院
邯郸市文物保管所
南京市勘测设计院
南京博物院
南京市文物保管委员会
天津大学
西安冶金建筑学院
哈尔滨建筑工程学院
苏州博物馆
苏州园林处
重庆建筑工程学院
华南工学院
云南林学院
云南省博物馆
甘肃省建委
敦煌文物研究所
甘肃省建设标准设计办公室
河北博物馆
新疆维吾尔自治区勘察建筑设计院
北京市建筑机械厂
七机部七院
北京市建筑设计院

附表三 本书所用图片提供单位名单

云南省建筑设计院
北京市文物管理处
交通部公路局工程组
北京民族画报社图片资料组
西南建筑设计院
新华社摄影部资料室
新华通讯社
新华社西藏分社
新华社新疆分社
敦煌文物研究所
四川省文物管理委员会
河南省博物馆
开封市文化馆
开封市博物馆
中国社会科学院考古研究所
考古研究所洛阳工作站
内蒙古自治区建筑设计院
中国佛教协会
天水麦积山文物管理所
南京市博物馆
苏州博物馆
广东省建筑科学研究所
东阳县委宣传部
延吉市建筑设计室
济南市外事处
雅安县文化馆
绵阳县文化馆
河北省文物管理处
绩溪县文化馆
广东省昆虫研究所
巴林左旗文化馆
天津市艺术博物馆
海城县文化馆
北京大学历史系
南京工学院一系资料室
清华大学土建系资料室
山东滕县文化馆
邯郸文物管理所
临洮县文化馆
茂陵文管所
临潼文化馆
河南省博物馆
文物出版社
吉林大学历史系
上海博物馆
西藏自治区文物管理委员会
泉州市文物管理委员会
泉州市文化局
重庆市博物馆
新华社风光组
锦州市博物馆
广州市文物管理处
石家庄地区交通局
石家庄地区公路管理处
吉林省建筑设计院
建筑科学研究院
南京博物院
福建省博物馆
陕西兴平县文化馆
北京历史博物馆
江苏吴县文教局
山东省博物馆
四川省博物馆
文物博物科技保护研究所
故宫博物院
宁夏回族自治区博物馆
中国图片社
诸暨县文化馆
九江市博物馆
武汉市文化局
兖州县文化馆
原平县文化馆
沁阳县科委
武陟县文化馆
洛阳市博物馆
宜宾市文化馆
太谷文化馆
济南市委外事处
长清县文化馆
福州市文化局
赵县县委宣传部
义县文化馆
天津大学土建系
人民画报资料组
北京人民美术出版社摄影组

编后记

《中国古代建筑技术史》是中国科学院自然科学史研究所组织编写的《中国科学技术史丛书》之一。1976年4月，由自然科学史研究所主持，在北京召开了《中国古代建筑技术史》协作会议，决定争取在较短的时间内编写出版《中国古代建筑技术史》。会上通过了本书的编写方案。会后，各协作单位分别进行调查研究和分析编写。随着工作的进展，协作单位不断扩大，参加写作人员陆续增加；最后，参加协作单位共计44个，参加编写及绘图人员共计100人。

根据《中国古代建筑技术史》协作会议的决定以及编写工作的进展情况，于1977年8月在自然科学史研究所主持下，正式成立"《中国古代建筑技术史》编审组"，负责全书的审稿和定稿工作。在两年的时间里，编审组复印了全部原稿，分别发往全国各有关单位征求意见；对文稿逐章进行了讨论和修改；组织人力绘制了全书的插图；最后对全书进行了总的整理编排、修改和定稿。

在本书编写过程中，许多同志参加了讨论并提出了宝贵意见，他们是陈从周、于倬云、程敬琪、王德臣、邵俊仪、马得志、莫宗江、孙敏贞、周嘉华以及自然科学史研究所学术委员会严敦杰等全体同志。

全书由张驭寰、郭湖生、赵立瀛、王绍周、孙宗文负责总的整理、修改、校核、最后定稿工作。

担任全书插图绘制工作的人员有：

戚德耀（苏州市博物馆）

叶菊华（南京市勘测设计院）

崔志琳（七机部第七设计院）

赵铁山（北京市建筑机械厂）

詹永伟（苏州市园林局）

李巨贤（北京市房修一公司）

马瑞田（北京市园林局）

高成良（北京市房修二公司）

万钟英（重庆建筑工程学院）

邓延复（甘肃省建设标准设计办公室）

北京市建筑设计院部分同志承担了一些绘制插图工作；还有赵喜伦、金启英、徐伯安、刘玉琦、高增绍等同志协助绘制部分插图。

先后协助编审组工作的人员有：王春玲、曹伯涛、罗钰、徐镇、林北钟、董薇。北京市房修一公司为编委会提供了办公等方便条件。夏荣、张秉伦等同志对本书的开端工作给予很多帮助。

本书编写工作还得到原哲学社会科学部领导林修德同志、刘仰峤同志、王仲芳同志和中国科学院自然科学史研究所领导同志，仓孝和、鲁琪、段伯宇、陆怀发、张晋儒、黄炜、赵继柱等同志的支持和指导。黄炜同志、赵继柱同志在本书编写过程中协助做了大量的工作。

本书各章执笔人名单见附表一；参加本书协作单位名单见附表二；本书所用图片提供单位名单见附表三。此外还有许多单位的同志为本书提供了图片资料，在此一并表示感谢！

《中国古代建筑技术史》编审组

一九七九年七月

名 词 索 引

一 画

一明两暗 23
一斗三升 40
一码三箭 157
一领一叠石 162
一遍剁斧 253
一遍錾凿 253
一次成型法 253
一乘寺 279
一整两破 285，289
一整两破加一路 289
一整两破加金道冠 289
一整两破加两路 289
一整两破加狗丝咬 289—290
一麻五灰 304，305
一颗印 317，332，396
一领三迭 500
一领一迭 500
一堂二内 553
一斗三升斗科 560
一字桌 543
一筒二 572
一筒三 572

二 画

厂（庵） 7，9
二里头遗址 27，31，36
人字架 58
人字栱 66
丁缓 320
丁栿 109，535
丁砖错缝 168
丁头栱 542
二遍剁斧 253
二遍錾凿 253
二筒五 572
二筒七 572
几 509
七朱八白 281
七分水 399
七分头 570
七里泊 438
七浦塘 434
八音闸 478
八楞模架 367
八铺作 534
八仙桌 543
八达岭 453
八宝 277
九孔桥 470
九龙壁 249
九经九纬 526
九曲城 426
九脊殿 549
九脊 71，548
九成殿 581
十字缝 570,572
十字盖 575
十六院 464，474
十字花栱 105
十三天 192

三 画

大溪文化 8
大墩子遗址 15
大河村遗址 20，23
大房子 22，23，24，25
大雁塔 40
大额结构 41
大马古城 45
大兴城 67，400，416
大相国寺 68
大云寺大殿 68
大官大寺 70
大明宫含元殿 89
大内额 121
大夯灰土 161
大骨料 272
大点金加苏画 291
大金塔 396
大金寺 352
大昭寺 340，342，352
大经堂 345，355
大兴苑 418
大堰门 424
大北城 412
大梁城 421
大内 425，426，438
大都 108，400
大明宫 41，418
大样 513
大明殿 441,449
大明门 450
大名府 421
大兴殿 418
大中桥 447
大木为车 484
大斧劈 486
大搬运 484
大宁宫 438，441
大木 521
大木厂 514
大石桥 579
大式 42
大扃 527
大木作 527
大木匠 552
大木骨架 549
大炉作 527
大市 434，525
大庆殿 422
大清门 450
小南海 7
小木作 150，527
小夯灰土 161
小池子半啦瓢 289，290
小色 301
小雁塔 40，207
小乘佛教 393
小昭寺 337，340，342
小式 42，509
小西湖 427
小曲 416
小平台 410
小堰门 424，426
小堂 433
小教场 437
小门式 541
小石桥 580
小样 512，583
小搬运 484
上昂 68
上华严寺海会殿 41
上华严寺大殿 73，76
上金扎牵 116
上金扒梁 149
上槛 151，153
上京南塔 204
上枭 245
上枋 245
上五彩 291
上架 550
上分 580
上青下绿 294
上绿下青 294
上悬窗 318
上清宝箓宫 465
上林苑 464，474
上阳宫 419
上都 108，408
上梁 543
上下榫 558
上功 576
山花蕉叶 209
山阳城 45
山节藻棁 321，575
山墙 329
山脚寨 396
山腰寨 396
山川坛 449
山顶洞人 7
山海关 453
山字梁架 557
三合布置 26
三道通城址 46
三殿 68
三段合 98
三摩耶庙 129
三关六扇 156
三清殿 161
三夯两碣 162
三心拱 178
三间五安 244
三段合法 251
三伏两夏 269
三七灰土 249,273
三合土 249，273，333
三德庙 355
三坊一照壁 396
三合院 397
三券三伏 459
三锭 577
广宗寺 356
广福庙 430
广寒殿 441
广安门 449
广阳门 416，418
三间串 396
三军 407
三太尉桥 434
三面亭 437
三山门 445
三山水门 447

三朝五门 447
三里河 452
三辅黄图 524
三才升 551
土台 17
土坯 25
土墼 167
土衬石 244，566
土涂 323
土拱 367
土掌房 388
土市子 422
门限 14
门环 151
门钉 155
门心板 155
门神 155
门楼 373
门斗 359
门额 442
门砧石 248
文杆 42，521
丈量 289
丈尺 521
万固寺 42，323
万年寺 42
万里长城 44，48
万宁桥 441，442
万佛楼 470
万松岭 424
万字炕 326
万字廊 500
万春园 470
万寿山 452，470
万岁山 438，441，449
万荣飞云楼 135
万园之园 584
工官 27，28
工部厂库须知 548
工部营缮司 542
工部尚书 508
工部 508
工程做法 524，547，548
工段营造录 524
下金扎牵 116
下槛 151，153
下吐京金墓 152
下檐出 244
下枋 245
下枭 245
下昂 68，527
下功 576
下金扒梁 149
下架 549
下分 580
下竹钉 577
飞桥 101，102，464
飞鸾殿 165
飞天 276
飞来峰 427
飞罩 505
飞梁 492
飞子 535
飞檐攒角 549
飞云梯 578
叉手 14，17，18，19，41
叉柱造 88，101
叉柱 84
广济寺三大士殿 73
广胜寺下寺后殿 109
广胜寺上寺前殿 113
广胜寺上寺昆卢殿 153
广化寺释迦文佛塔 214
广元千佛崖 225
广胜寺飞虹塔 249
干阑 34，42，250，388
干阑式建筑 249，335
马牙桩 162
马槽斗 169
马面 362，432
马道 437
马面楼 436
马院 425
马经 581
口分 42，551
口数 551
个园 487，495，496，546
子城 426，432
子午道 62
夕市 525
夕园 547
千寻塔 40
千步廊 450
子母阙 214
义慈惠石柱 214
川堂 547
勺园 472
也黑迭儿 108，443

四 画

木经 39，524，541
木样 42，511
木圈梁 213
木櫼 518
木锯 543
木马 543
木梃 550
木工首 582
木鹊 578
木栅门 320
木骨夹泥 326
木骨 328
木楞房 388
木橛 443
木化石 483
木地龙 484
井干楼 62
井口 83
井干式 332，348，386
井干 39，58，388
井字楼 427
井干台 496
井作 527
井 537
井屋 535
仁寿塔 233
水活 162
水烟 209
水南塔 214
水闸 462，475
水晶宫 320
水晶帘 320
水精 320
水桩 321
水经注 406，524
水城门 403
水口 424
水窝 443
水门 424，459
水晶亭 498
水廊 474
水斋 464
水法 470，474
水鸭子 516，541
水纹窗 535
水平 516
水绳 541
火塘 11，14，17，19，21
火池 17
火神庙大殿 160
火烧法 251
火地 17，21，317，323，326
火炉 317，323
火床 327
火炉床 327
火架子 360
火道 23，325
火州 372
火炕 317，323，325，326
天井窑 53
天堂 68
天宁寺大殿 115
天坛祈年殿 135
天坛皇穹宇 139，158
天宫楼阁 146，158
天穹罩 156
天花 158
天祠 189
天宫寺塔 204
天坛圜丘 235
天津桥 238，465
天尊阁 328，330，331
天楸 328
天幕 338
天孔 361
天安门 450
天章阁 427
天庆观 434
天王堂 433
天王殿 470
天竺石 465
天宗水门 424，426
天禄阁 62，413
天汉桥 422
天源河 421
天花藻井 541
五扒皮 171
五出五进 171
五山屏风墙 172
五滴水 172
五岳朝天 172
五间七安 244
五彩遍装 538
五当召 355
五分水 399
五丈河 421
五脊四坡顶 548
五脊殿 548
五剥皮 570
五墨彩画 575
五王邸 581
中京城 46
中桥 238
中轴转窗 318
中极殿 449
中和殿 449，450，557
中校 527
中平枓 529
中线行 530
中功 510，528
中都 400
太师壁 158
太康寺塔 188，189
太和殿 129，441，449，450
太室阙 230
太庙 60，443，444，450
太液池 418，438，441
太和门 450
太仓 418
太极殿 67，418
太子宫 418，441
太极宫 418
太师门 320
太湖石 465
太平梁 109，557
内室 22
内槽 71
内槽柱 71
内金水河 452
内廷工程做法 548
内工 547
内工部 578
文台 59
文殊殿 73
文殊殿藏经阁 322
文德殿 422
文明门 442
文华殿 452
文渊阁 470，556

开间 42
开善寺大殿 76
开元寺三殿 73
开元寺观音殿 75
开福寺大殿 158
开元寺毘卢殿 158
开脚 162
开元寺无梁殿 177
开元寺塔 192，193
开源寺双塔 215
开元寺双石塔 214，233
开元寺 433
开宝寺塔 580
开口 532
开元寺钟楼 541
开封府廨 581
王湾遗址 20
王城 28，44
王城岗遗址 28，29
王爷毡包 359
王府 361
无梁殿 42，177，257，320，323
斗接柱子 126
斗接包镶柱子 126
斗枋 127
斗八藻井 158
斗口 123，129，509
斗 491
斗口跳 534，535
斗磉 542
斗板石 566
瓦棺 24
瓦坯 38
瓦钉 38，186，260
瓦当 249
瓦官寺阁 68
瓦子 422，427
瓦市 422
瓦作 527
瓦松 522
瓦口 558
瓦卡子 572
分 68，509，532
分心柱 74
分三停 281
分槽 530
分瓣刹拈 559
分档 573
牙道 421
牙子板 521
牙头护缝 153，541
方五斜七 149
方沼 465
方城 426
方家桥 427
方壶亭 441
凤雏遗址 35
凤阙 64
凤凰寺无梁殿 180
凤池 465
凤凰寺 375
凤凰山 424，425，427
凤阳中都城 452
风槛 153
风门 156
风窗 157
风字脚 516
风路 298
云岩寺三山门 116，117
云岩寺塔 198
云岗石窟 220
云梯 252，578
元大都 421，424，437
元谋人化石 7
元光 209
元宝扣 484
元宝顶 549
女儿墙 382
六合城 67
六榕寺华塔 198
六和塔 424，427
六胜塔 214
六分水 399
六部桥 427，430
六博经 581
牛村古城 29，45
牛脚 368
牛头刨 543
仁寿宫 67
仁寿舍利塔 512
仁智殿 441，470
丹粉刷饰彩画 281
丹楹 321
丹凤门 418
丹粉刷 538
勾连搭 144
勾栏 422
勾头线 572
丰尔楼 430
丰豫门 426
月城 436，437，459
月梁 41，124
中霤 17
中心柱 67
中槛 153
双连火塘 23
双联半穴居 24
双曲砖扁壳 167
双细 252
升高 247
升青降绿 294
升线 516
升起 330
厅堂 59，60
厅 60
少林寺初祖菴 402
丰邑 28
丰下遗址 34
计成 525，546
计心造 534
扎萨克召 355
扎牵 535
扎什伦布寺 338，342，345，352
夫 514
日中为市 440
少府 508
少府监 527
少室阙 214
毛家嘴遗址 34
支摘窗 157，318
支提 225
斤斧 251
公输般 542
引重 484
引 509
介亭 465
贝子庙 355
艺圃 473
双层廊 500
双槽 530
什锦窗 503
邓尉山 432
引绳 521
午门 444，449，450，452
戈裕良 473，495
历代帝王宅京记 524
尺材 551
长安城 46，413，414，421
长城 167，456
长陵 59
长陵祾恩殿 125，129，521
长乐宫 413，414
长冈 421
长干桥 446
长安左门 444，450
长安右门 444，450
长上匠 527
长功 510，528
乌鹊桥 434
乌审召 355

五 画

未央宫 413，414
玉虫橱子 55
玉带墙 169
玉清昭应宫 279，510
玉泉山 442，452
玉津园 465，470
玉清和阳宫 465
正吻 188
正木 250
正色 278
正圭线 291
正脊 394
正觉寺塔 331
正觉寺大殿 331
正阳门 448，449
正阳门箭楼 401
正衙 427，437
玄妙观三清殿 89，117
玄女尺法 544
玄武门 418
玄武湖 446
玄武湖进水闸 447
玄武桥 444
玄妙观 433
台明 243，325，549
台帮 325，326
台基 244
四阿 14，35，548
四段合法 251
四铺作 533
四合院 397
四间房 384
四注 548
四角硬 570
四缝 570
石龙头岩洞 7
石城 7
石棚 7，214，230
石轴柱桥 62
石刹 209
石工 214
石础 214，321，566
石窟寺 214
石阙 214，230
石泓寺石窟 225
石门 214，251，509
石柱桥 236
石柱石梁桥 236
石承 244
石碇 244
石囤木椿 243
石灰 249
石碾玉 291
石阶 246
石钉 489
石盐木 322
石榫头 488
石松巢 470
石作 527
石头城 446
石城门 444
石渠阁 413
石栈 424
立柣 530
立竿 575
立基 489，546
立帖式 126，332
立峰 487
东下冯村遗址 27
东下冯城 28
东西房 32
东山寺塔 214
东湖 252
东京梦华录 524
东陵 584
东京木 322
东御园 465

东园 465
东直门 438，448，452
东江门 436
东华门 426，441，444
东青门 426，430
东市 434
东京城 400，401
东便门 452
东西八作司 427，527
龙骨山岩洞 7
龙山文化 21，25
龙兴寺摩尼殿 41
龙骨 58
龙门石窟 221
龙凤和玺 292
龙草和玺 292
龙门奉先寺 307
龙德宫 581
龙腾苑 464
龙鳞渠 464
龙兴寺塔 331
龙兴寺慈氏阁 331
龙池 418
龙首渠 401，419
龙须沟 452
龙泉府城遗址 420
龙尾道 418
龙台 411
北岳庙德宁殿 121
北庭故城 362
北关门 426
北关水门 427
北水门 426
北内 427
北宫 414
北关 430
北关夜市 430
北禅寺 434
北平 448
北海 451，452
司土 30
司工 30
司徒 30
司空 30，265
司市 526
司暴 526
白灰面 21，25，28
白营遗址 26
白粉刷 249
白灰浆 271
白芨石灰 272
白灰 539
白灰泥 52
白木构 379
白居寺 342，352
白马 351
白宫 347
白盛 320，333
白龙渊 465
白塘 464
白礬酒楼 427
白垩 432
白洋湖 427
白矾楼 434
白狮子桥 434
白下城 446
白下桥 445
平望古城 33，45
平形线文砖 253
平暗 72，159，282
平棊 71，72，159，282
平头土衬石 246
平座 67，211，323
平栿 114
平扣 575
平乐观 464
平台 549
平板脊 572
平身科 560
平衡法 546
平柱 532
平盘斗 531
平梁 63，532
平准令 527
平浪台 461
平秋门 436
平安城 421
平则门 448
平安 421
平城 421，511
平江 427，430，434
平江图 427
平江图碑 430，432
平江府 430
平江府城 430
平江军 430
平江军戟门 433
平桥 430，500
市楼 414，426
市双细 253
市 400，407
市河 430
左司空 254
左祖右社 443
左校 527
生起 41，69，73
生头木 73，83
生漆腻子 305
生材 550
永乐宫 161
永宁寺塔 66
永宁寺雨花宫 91，98
永乐宫无极门 122
永乐宫重阳殿 122
永乐宫三清殿 158
永祚寺无梁殿 177
永定柱 84，120
永定柱造 101
永安渠 401，419
永定门 450
永定河 582
永寿宫 582
永通桥 580
古镜式 163
古篆说文 581
古格王国 338，340
打旋夯 48
打哨夯 48
打花夯 48
打剥 540
打八字 270
打坯 270
打粗样 270
半瓦当 38
半栱 63
半榫 98
半穴居 9，24
半坡遗址 44
半捉半褁 572
出头木 89
出亮 306
出入榫 558
出挑 492
出潭双细 252
右军寨 436，437
右掖门 419
右校 527
礼拜寺 373，374
礼拜殿 375
功 510
功限 510，514
邛巴 340
邛笼 340
片石墙 162
皮条线 291
扒梁 148，557
包砖墙 171
包框墙 171
包镶柱子 126
包砌台帮 244
加活 162
加三 396
世室 23，31
宁懋墓石室 41
甘露寺铁塔 446
弘福寺 70
圣姑庙 120
对晕法 280
外江派 285
外槽 71
外槽柱 71
外工 547
旧石器时代 7
布达拉宫 335
夯窝 30
头额结构 41
央板 49
冯焕阙 231
卡子 296
卡 491
用材植 523，540
卯口 531
令署 414
令栱 532，533
令殷 34，35
栈道 509
由额 532，533
由戗 551，558
札圈 539
号趟 573
仔角梁 321，551
加荒 560
汉殿 549
仙椅 543
仙鹤寺 375
刘秉忠 441
仪天殿 441
旧宋门 422
穴居 7，386
尼雅遗址 366
艾提卡尔拜寺 373
可汗之宫 362
巧尔齐召 356
汇宗寺 356
布达拉宫 337，340，342
甘孜寺 337，338，342
冬房 339
汀石 477，480
丛春园 464
边轴转窗 318
冯焕石阙 64，231
冯巧 583
写秋轩 470
瓜柱 516
瓜子栱 532
辽阳白塔 332

六　画

压四露六 185
压砖板 244
压面石 244，566
压黑老 304
压地隐起 370，540
压栏石 540
压胜 247
压肩 572
压七露三 572
压实 577
地坑院 53
地钉 162，443，500
地衣 327
地宫 208
地栿 246，322，328
地仗 284，304，322
地毯 327，441
地安门 441
地盘 213，552
地盘图 541
地栅 537

地衣 165
地炕 325
地漏 324
地穴 487
地灯 496
地脚枋 396
地居 399
竹宫 164
竹芮索 164
竹钉 164
竹板桥 166
竹椽 164
竹瓦 165，186
竹墙 165
竹索桥 166
竹笼 166，242
竹箭 250
竹笕 427
竹隔桥 434
竹作 527
竹蜻蜓 578
竹楼 164，388
华林寺大殿 68
华栱 73，529
华严寺大殿 104
华严寺薄伽教藏殿 157
华表 214
华砖 256
华严寺 329
华林园 464
华头子 529
曲栱 63
曲尺砖 253
曲突 324，326
曲阜 402
曲 416
曲廊 474，498
曲桥 500
曲尺 578
交金瓜柱 148，149
交金墩 148
交窗 151
交河城 362
交互斗 531
交角出头 558
光孝寺大殿 99
光明砂 278
光厅暗房 320
光孝寺 322
光塔 375
光岳楼 331
光天殿 441
光熙门 442
光化门 456
西安慈恩寺塔 189
西安门 414
西溪 424
西华门 441
西湖 426，430
西太乙宫 427
西楼 433
西馆桥 434
西市 434
西直门 438
西苑 464
西洋楼 470
西陵 584
夹板 44
夹屋 70
夹干石 321
夹城 435
夹陇捉节 572
夹心墙 385
百工 27
百丈 166
百子帐 339
百灵庙 354
托手 82
托梁 322
托 492
托脚 68
仰韶文化 17，23
仰瓦屋面 185，186
仰瓦灰梗 186，572
合楷 105
合页 318
合凑 492
合莲 539
合僚 543
合瓦 572
合柱 129
合操 302
兴教寺玄奘塔 207
兴庆宫 413
兴圣宫 440
兴圣殿 441
红花套遗址 8，19
红烧土 20，317
红宫 346，347
红门阑马墙 438
灰坑 26，360
灰土 273
灰塘 570
军器监 527
军匠 579
军巡辅屋 422
军衙门 436
当心间 443，529
当沟瓦 539
阳城 28
阳山 432
阳城湖 434
阳马城 436
阳云楼 464
阳城延 525
后英房元代居住遗址 321
后湖城 444
后湖 446
后坚 492
后背灰土 500
后背砖 500
老姆台 33，410
老虎窗 320
老爷庙台 410
老红土 411
老角梁 321，551
老浆灰 572
阴晋城 45
阴平道 62
阴线 370
阴阳瓦 572
江孜八角塔 192
江东桥 414
江儿码头 430
死箍头 285
死盒子 289
死天花 298
吊庙 146
吊脚楼 399
收分 171
收山 556，557
防火墙 172
防波堤 461
安佑宫 470
安澜园 470
成周 30
成周城 415
成材 550
行殿 265
行春门 436
行在 424
行宫 427
灯笼框 158
灯龛 206
灯楼 461
回杆 485
多宝格门 320
多宝格 505
血料石灰 249
米醋石灰 272
阶条石 244，248
阶龈 522
尖拱 176
冰裂地 507
考工记 524，525
考工令 527
齐心线 572
齐心斗 531
齐头 572
齐化门 448
齐云楼 433
朱雀门 418
圭 291
圭脚 245
色拉寺 342
有巢氏 7
次间 22
邢 28
宇文恺 67，525
讹角斗 104
帆拱 179
关门棒 250
设厅 433
全形 307
欢门 427
众安桥 427
宅堂 433
至和塘 434
团楼 436
伏 177，442
先农坛 449
壮城 508，522
冲活 162
冲天 520
兆域图 510
寻 509
次间 22，529
扛箱 544
杂间装 281
扣榫 558
刖楞长盖 559
吉门口 561，564
杀趟 570
耳室 443
机封 579
自雨亭 498
吐番王国 336
邦克楼 375，377
网师园 473
妇好王后墓 36
庆州白塔 203
艮山门 465
艮岳 465
州桥 430
安邑 28
安澜桥 166
安平桥 214，215
安门 414
安定门 438，451
安济桥 214，215，237
如意斗栱 124
如意石 244，566
如意洲 584
观音洞 7
观桥 427
观风行殿 67
观风楼 433
观象台 543
观象观 464

七 画

灵谷寺 320，323
灵谷寺无梁殿 177
灵隐寺双塔 232
灵岩寺慧崇塔 232
灵雀寺 342
灵光殿 403
灵隐山 425
灵隐浦 425

灵星门 449
灵囿 474
灵壁石 483
灵沼 474
花牙子 157，396
花厅门 156
花头板瓦 186，263
花砖 182
花月楼 434
花石纲 465，483
花墙 319
花洞 325
花门子 326
花窗 503
阿房宫 33，47
阿尼哥 192
阿胶 279
阿嚆土地坪 349
阿嚆土 349
阿以旺 372
阿巴和加玛扎 374
阿房宫图 482
角栱 63
角乳栿 71
角背 109
角神 78
角柱石 244
角楼 144，436，437，452
角台 456
角梁 63，521
角科 559
角石 244，566
扶荔宫 45
扶壁 174
扶脊木 321
扶壁栱 560
找头 285，298
找头圭线 291
园冶 524
园牧 545
坐凳栏杆 157
坐坡朝河 396
步 250
步廊 474
李家村遗址 23
李郝宁 108
李通 237
李春 39，237
李诫 525
李诫木经 541
延庆寺大殿 104
延福寺 115，356
延春阁 431
延平门 419
延喜门 419
延福宫 265
身内 70
身内双槽 70，71
身内单槽 70，71
身内分心斗底槽 70
身内金箱斗底槽 70，71
身内柱 516
身口板 537
连三 490
连二磉墩 163
连四磉墩 163
连檐木 558
连檐 551
连栱交隐 529
走马板 153
走廊 474
走石 485
里帐房 338
里监门 400
里城 421
里司 418
里口木 521
两面光 23
两阶 32
两段合 98
两观 403
两明一暗 382
两下五梁 558
杨城 45
杨琼 108
杨青 582
旱活 162
旱船 248，500
旱石 252
旱白玉 284
旱河 430
旱舡 518
佛光寺 71，153
佛宫寺木塔 158
佛宫寺释迦塔 73，75
佛光寺文殊殿 102，103，104，120
佛光寺大殿 71，72，80
佛龛 206
佛香阁 470，497
佛道帐 535
材栔 551
材分 41，550
材分制度 68
材 41，528
匠人 508
匠作则例 524
匠户 581
足材 68，551
寿宁万岁禅院 214
寿山艮岳 465
护板条 153
护国寺 51，328
护城河 432，435
间 15，58
间柱 153
间装法 280
间色 278
间架结构 554
芦沟河 582
芦沟桥 453
把头绞项造 535
报恩寺 433
报恩寺塔 192，249
报恩延寿寺 470
怀圣寺 375
怀丙 521，525
折拱 175
折屋 543
龟头屋 108
龟兹古城 367
彻上露明造 104
彻上露明 73
彻上明造 73
应门 32
应县木塔 41，328
应天府 421
应天府城 444，446
汴梁 400，401
含嘉仓 181，419
含元殿 67，73，418
坊 396，400
坊表 430
坊里制度 427
沥粉 280，302
沥粉贴金 280，352
批竹昂 78，104
批水 181
庑殿 329，379
均工夫 447
均人 508
囱 21
赤门湾 432
余杭门 421，426
钉 162
克孜尔石窟 216，362
社稷坛 443，526
灶 28
杉篙 54
邱士亨 108
何稠 67
初祖庵大殿 91
乱纹绞脚石 162
肘板 155
邺城 167
泛舟禅师塔 170
妙应寺塔 192
抄平 573
纵横交错法 242
孝陵 253
纸筋 272
弄熟 270
条形铺地砖 253
冷摊屋面 260
串色 294，296
串枋 396
岔口线 291
忍冬 276
住坐 284
麦积山石窟 223
麦麸 272
麦䴬 272
灶屏 324
玛尼竿 351
玛扎 367，373
纳塘寺 336
库木吐拉石窟 366
秀州船步 430
芙蓉园 418
邯郸 411
纴木 442
远瀛观 470
迎祥池 465
沧浪亭 474
驳岸 477，480
牢城 509，522
汶上明堂 511
局匠所 542
束竹柱 63
束竹交纹 232
束腰 540
苏州窑 249
苏圣佑庙 366
苏州文庙大殿 116
苏式彩画 285，294
尾子项 56
事材场 514
丽正门 448
丽景楼 434
时师 509
鸡鸣寺 444，446
帐幕 7
帐蓬 338
贡塘寺 336
贡院桥 430
贡院 430，433
张柔 108
张掖马蹄北寺 225
张公台 410

八 画

青莲寺 41
青莲寺大殿 91
青莲岗文化 8
青莲岗遗址 44
青灰背 185
青石 247，252
青棍瓦 249，258
青云片 482
青芝岫 487
青窑作 527
青绿叠晕棱间装 538
定慧寺大殿 117
定中 210
定鼎门 419
定慧寺万寿院 433
定贤门 436
定淮门 445
定侧样 512
定磉 543

定分 554
券洞架子 520，575
券模 520
券架 520
明间 22
明堂 67
明乳栿 73
明五暗三 121
明栿 121
明镜 158
明屋 225
明德门 419
明清渠 419
明资匠 527
单钩栏 157
单心栱 178
单体式 360
单槽 530
单材欑间 530
单栱造 534
单材 550，551
单檐造 549
单埋头 566
单背灰 577
衬脚 163
衬色法 280
衬地法 280
衬石枋 443
衬地 280，298
衬色 280
油满 548
油作 548，577
油灰 248，572
油瓶嘴瓦 572
油皮 577
经幢 214
经堂 338，346
经略台 146
经旗 342
经坛 342
经幡 351
奉天殿 129，449
奉先寺 223
奉国寺 41
奉国寺大殿 73，76，80
奉天门 449，582
垂 32
垂手踏跺 246
垂花雨罩 354
垂莲柱 498
垂鱼 541，542
垂带石 566
垂花门 549，566
软门 152
软心 171
软尺 250
软泥扣坯法 255
软盒子 280，294
软烟云 296
软卡子 296
软梯 520
软天花 298，577
虎牢 28
虎林山 424
虎房桥明沟 452
虎圈观 464
虎皮笥 483
穹庐式屋 17，19
穹窿 42
穹都 348
穹窿顶 375
直焰窑 249
直棂窗 320
直城门 414
板椽 15
板打墙 54
板门 155
板引檐 93
板棂窗 153，156
板瓦沿 186
板瓦 249
板屋 250
板栈 541
线刻 307，309
线彫 309
线道瓦 539
线道灰 570
线刨 371
刹杆 209，212，520
刹柱塔刹 209
刹杆提升 212
和义门 441
和玺彩画 285
和义门瓮城门洞 177
和雇 528
泥圈 23
泥条盘 249，263
泥栈 522
泥作 527
泥道栱 528
河姆渡文化 7，8
河姆渡遗址 8
披麻捉灰 41，322
披檐 358
居住面 44
居庸关云台 317
居庸关 453
郑州商城 30
郑韩故城 48
建章宫 62
建康 443
建邺 443
建春门石桥 236，419
建康城 446
建极殿 449
抱框 153
抱柱 153
抱厦 89
空心砖 175
空斗墙 167
枋墙 250
枋心线 291
枋心 285，298
拉哈房 55
拉晕色 304
拉卜楞寺 320，337
拉萨古城 337
拉当寺 342
拉孜寺 342
实榻门 155
实滚墙 169
实砖墙 171
实彫 309
实墙面 358
实榻大门 564
周原 35，38，44
周庑 441，449
周桥 449，581
武梁祠 41
武当山太和宫金殿 314
武阳台 409
武库 414，579
武侯铺 418
武林园 427
武台 436
武楼 441
武英殿 452
细泥圈 14
细清水砖 184
细漉 252
细料方砖 257
细石屑灰泥 272
宝顶 209
宝珠刹 209
宝光寺罗汉堂 320
宝云阁 470
宝珠 209
抹角梁 149
抹角 123
抹尖 570
抹底 577
泼灰 273，571
泼墨 181
枕头瓦 572
昆明池 464
昆明湖 452
留园 473
抬梁 126
抬梁式 126
采地彫 309
采 307
轮班 257
瓮山泊 441
瓮城 362，426，441
罗汉堂 320
罗城 421
罗盘 517
罗经 517，543
苫背 260
苫灰泥背 550，570
转经廊 342
转角铺作 529
转运司 436
转楼 436
拒马叉子 270，537
押墨 540
法隆寺金堂 68
法济院 424
法物库市舶 427
苑 464
苑桥 434
坡顶房 382
庐帐 372
炉盘 360
茅山河 424
坤宁宫 326，449
函谷关东门 65
函谷关东门图 65
画像砖 256
画舫斋 470
昃 21
斧 37
舍利净光塔 46
茂陵 46
昂 40
畅音阁 140
畅春园 470
拔腮 148
净土寺大殿 158
拦土墙 163
押砖板 171
制底 215
昙曜 220
闸口白塔 214，232
齿形 250
抬赞 250
剑木 250
刮摩 250
矿石灰 272
非正色 278
波斯青 278
炙地 317，325
驼峰 396
码子 325
刷经寺 342
迦南寺 342
瓪瓦 541
夜市 422
郑门 421
河南府 421
杭州 424
郊坛 425
侍郎桥 430
宗阳桥 430
阜城门 448
闸楼 453
宛平城 453
苗帅园 465
松岛 465
奇礓石 465

怡园 473
环秀山庄 473
英石 483
迭领式 500
囷 526
制坯 539
拙政园 474
物料价值例 548
祈年殿 235
昌都寺 342
金牛山岩洞 7
金涂铜 42
金盘 66
金宝瓶 66
金环铺首 66
金堂 70
金礎墩 163
金铎 66，67
金钉 66，67
金扒梁 149
金里安装 153
金镶玉 52，171，570
金满斗 171
金鸡桥 214
金砖 572
金铺 275
金琢墨石碾玉 291
金龙和玺 292
金琢墨和玺 292
金线苏画 296
金琢墨苏画 296
金胶 302
金泥 315
金箱斗底槽 331
金砖 259，333
金顶 350
金谷园 464
金明池 465
金海 470
金山 470
金门 500
金水河 421，441，444
金水桥 449，452
金陵城 444
金川门 446
金山石 432
金地山 424
金陵府城 443
金陵邑城 443
金火作 527
金券 584
承椽串 157
承露盘 209
承天门 450
承露盘 505
承天门 394
承先殿 505
戗脊 394
姑苏山 443
侧阶 32
侧脚 40，65
侧塘石 434
侧样图 552
弧状屋脊 17
孤山 427
顶撑 520
规 509
岩灰洞 7
侏儒柱 68
乳突 180
乳钉 254
乳栿 521，535
爬山廊 498

九 画

穿斗式 126
穿斗 39
穿斗构架 58
穿枋 127，396
穿心结构 192
穿心式塔 196
穿壁式塔 196
穿斗架 335，543，332
穿枝过梗 370
穿插枋 521
柱侧 123
柱 126
柱櫍 163
柱顶当 163
柱顶石 521
柱础 244
柱头枋 385
柱廊 440
柱礩 530
柱头铺作 529
柱头科 560
皇史宬 42，177，323
皇砖 260
皇极门 449
皇极殿 129，449
皇穹宇 233
挑梁 58，65，492
挑斡 110，535
挑檐 128
挑檐石 244
挑廊吊楼 354
挑山 549
挑托梁 556
拱壳结构 167
拱壳顶 179
拱拜斯 373
拱式桥 430
拱辰堂 450
拱极城 483
拱桥 500
拱脚石 162
绞车 232，401
绞盘 518
绞脖 572
绞贯 575
南门 403
南禅寺 40，69
南曲 416
南薰门 422
南水门 426
南内 427
南定寨 436
南海 451
草鞋山遗址 8
草缕 30
草架 71，546
草栿 121
宣平门 414
宣典宫 464
前朝后市 47
前朝后寝 23
前堂后寝 28
前堂后室 23
前厦 60
前湖 444
挂空槛 153
挂落 496，505
挂甲 302
挂色 270
举 529
举折 40，76，128
举架 128
举高 72
相石 486
相地 546
亲兵寨 436
亲靠 489
神策门 446
神武门 449
神木场 19
宫城 413
宫 19
保国寺大殿 92，98
保安门 426
保和殿 450
垫枋 385
垫片 494
垫梁 494
栅栏门 156
栅棍 443
卧虎湾辽墓 452
卧羊城 445
卧羊墙 459
卧栿 530
卧线 573
洛阳桥 214
洛城门 414
洛阳城 415
洛阳宫 419
洛阳伽兰记 524
钩石 238
钩阑 529
钩柜 578
钩强 578
钟鼓楼 401
钟公桥 430
钟楼 441
钟山 444
钟阜门 446
钟乳石 483
独乐寺山门 74
独乐寺观音阁 73，158
独梯 224
济水 258
济州河 442
虹桥 102，422
虹梁结构 102
虹面 539
毡屋 73
毡包 359
毡帐 441
毡笠 541
封火墙 171
封丘 421
封丘门 422
复壁 418
复缽 209
修边打荒 253
修建司 422
修内司 427
栏杆 157
养安 108
客家住宅 55
客山 430
洞庭西山 432
眉梁 542
眉子 572
陡板石 244
癸水门 436
癸水亭 436
秋迁架 542
咸阳故城 45
咸阳宫 318
郭巨祠 230
郭文英 583
胥门 432
胥江 434
砍净挠白 304
柏梁台 323
柏孜克里克石窟 362
柔远门 456
看详 515
看叶 565
香儿 543
砖贴脸 53
砖刹 209
屏门 156
屏风 543
显通寺 42
显仁宫 67
显德府城遗址 421
活箍头 285
药师寺 70
药王庙 342

药寮 465
版棂窗 318
栈道 61，215
突彫 307
突厥墓 307
突 322
阁道 59
阁院寺文殊殿 75
拼合柱 98
拼合梁 98
拼帮 522
剑把 270
剑 491
垩 21，333
姜寨遗址 23
庭 32
契 41
临淄故城 45
临淄城 403
临淄 403，407
临安 401，424
临顿桥 434
临济寺青塔 535
栎阳遗址 46
蚂蚱头 104
畏吾尔殿 108
段天祐 108
祇洹 189
毘河罗 215
炳灵寺石窟 224
种蛎固基 239
泉州白 251
茶土掘 259
洋抹法 296
玻璃 320
须弥座 214，243，322
响地 343
迷宫 436
哈那 359
胜金口寺 362
拜西达克 367
结麟楼 418
春明门 418
便门 426，436
施家桥 430
厚载门 419
洪武门 444
畅春园 452
炮台 462
柳叶抹 495
轴测投影 512
界画 512
架子 520
统万城 521
退材场 523
栌斗 530
品字科 560
玲珑排山 570
泼灰 272
背线 572
削割瓦 265，572
浑金彩画 576
钦慈太后佛寺 581
总理工程处 584
逆墙 526
荐桥门 424
荐拔抽换 522
点草架 532
赵康城 45
赵简子墓 232
赵县经幢 233
赵王城 45
赵州桥 579
乌龟洞 7
乌头门 157
乌策大殿 129
迴旋式塔 196
卷檐 68
卷杀 530
卷棚歇山 496
卷棚悬山 496
卷棚 321
面朝后市 526
闾里 400
荫殿 68
室 19
娄门 432
娄江 434
挟屋 532
贯架 248
栋柱 543
贴面砖 182
贴金 280，302
贴真金地 280
贴络法 282
贴络 577
顺梁 248
顺扒梁 249
顺砖措口砌 196
顺天门 422
顺庆门 436
顺承门 448
顺栿串 535
顺丁咬合 539
重屋 526
重唇瓪瓦 539

十　画

都料匠 521，528
都江堰 61
都税务 433
都城记胜 524
都水监 527
都料 525
高颐阙 65，214，230
高矮斗 169
高桥 424
高架圆仓 335
高昌故城 362
高栏 388
高坡寨 396
梁柱构架 58
梁板结构 167
梁柱对卯耦枇搭掌 533
梁九 548
脊瓦 249
脊檩 321，385，521
脊筒子 572
海会殿 318
海墁苏画 296
海淀 452
海墁 462
海宝塔 231
海晏堂 470
海墁天花 160，577
浮筏式基础 328
浮图 517
浮子 543
晋祠圣母殿 318
晋祠 321
晋祠献殿 103
晋江关锁塔 214
真昂 101
真如寺正殿 116
真武阁 146
真定府城 458
真尺 530
真定 458，580
样房 510，561
样 570
样式雷 548，584
荷叶殿 441
荷叶皱 486
荷叶橔 561
料敌塔 193
料礓石 26
料例 528
料头 551
粉本 279
粉筒子 302
粉尖子 302
晕染法 351
流杯亭 498
破子棂窗 320
钻 251
钻生 284
桥道 430
桥廊 321
桥头木 322
将作 508
将作大匠 508
将作寺 508
将作监 508
将作少监 508
将作小匠 508
将作司 508
配纸 289
配极 580
钱塘门 426
钱塘湖 424
钱湖门 426
钱明宫 430
桃花关 426
桃花浆 572
格门 151，158
格心 155
格扇门 320
格尔登寺 342
凌云寺塔 331
凌云台 516
素面砖 168
素面方砖 253
素白窑 259
素平 540
倒挂楣子 157
倒焰窑 259
倒肩 485
倒排木 575
铁力木 322
铁勾子 495
铁扁担 495
铁扒钉 494
铁马 102
铁拉柱 151
铁刹 209
殷墟 34，35
涌金门 426
涌金门城砖 424
桩 500
桩尖 11
桩基础 162
莫力庙 356
莫高窟 367
铅背 185
捍海石塘 424
敌楼 301
透彫 371
桂宫 413
剔地起突 540
陶楼 59
扇形瓦 186
扇面棋 375
扇架 543
烟脖 326
烟墩 456
烟雨楼 546
旁 31
庞祁宫 33
偶方彝 35
栽 48
唐招提寺 70
铃绳桥 166
剜木 250
晒坯法 255
捉缝灰 304
康房 332
热振寺 336
哲蚌寺 337，338
资康 342

资圣寺塔 193
席力图召 356
桓公台 407
栖凤阁 418
挹翠阁 427
绣绵坊 434
消遥楼 436
积水潭 442
倚翠楼 468
息工 521
矩 509
梨 551
班匠轮役 548
栱眼 551
调脊 572
徐杲 528
泰山石敢当 544
健德门 442
夏鲁寺 336，352
起秤杆 122
起谱子 289
起水 396
通济渠 421
通惠河 301，442
通济门 444
通面阔 552
通天板 572
圆殿 108
圆瓦当 186
圆坯法 263
圆彫 309
圆坻 438
圆静寺 470
圆朗斋 470
圆光罩 505
圆明园 453，578
盐桥河 424，430
盐桥 430
鸳鸯交手栱 528
鸱尾 188
鸭别翅 484
骊山陵 509

十一画

琉璃瓦 249
琉璃 265，332
琉璃窑 249
琉璃厂 269
琉璃屏 320
琉璃石 320
琉璃阁 470
排桩 162
排气洞 320
排杉 520
排山勾滴 570
排头瓦 572
崇善寺塔 40
崇正镇古城 46
崇福寺观音殿 104
崇福寺弥陀殿 102，104
崇陵隆恩殿 162
崇天门 449
崇仁门 448
崇文门 448
黄鹤楼 144，434
黄伞溪崖墓 64
黄光升 242
黄石 252，432
黄线墨线苏画 296
黄灰 539
斜撑 59
斜梁 58
斜栱 104
斜栿 114，115
斜塔 208
斜戗 575
廊庑 70
廊道 176
廊板 385
廊桥 335
廊屋 434
廊步 557
梅铺岩洞 7
梅花青 278
梅花片 278
梅家桥 427
梅花桩 162，489
梅花丁 570
梅花盘布 577
梅花缝 171
菱形砖 253
菱角牙子 207
菱花架子 520
菱花匠 548
望楼 401
望京门 416
望火楼 401
望筒 517
望板 551
御路石 243
御廊 422
御路 422
御街 427
御府令 527
御匠司 542
脚木 250
脚板 322
脚作 396
脚手架 520
脚踏木 557
窑区 29
窑水 257
窑匠 548
窑洞住它 319
窑洞 379
窑场 514
窑务 514
清明上河图 512
清宁宫 326
清真阁 331
清真寺 374，382
清明渠 401
清明门 414
清波门 424
清湖河 430
清冷桥 430
清凉门 444
清凉山 446
清漪园 470
乾摆 244
乾元殿 249
乾清宫 449
乾隆花园 494
乾陵 509
乾插瓦 572
萨迦寺 338，342
萨迦南寺 343
萨迦北寺 345
萨尔沁召 355
堂 22
堂子 298
堂涂 526
喇嘛塔 192
喇嘛塔刹 209
喇嘛庙 354，359
喇嘛教 354，355
喇嘛召 355
喇嘛毡包 359
银锭榫 149，494
银锭 250
银锭扣 494
悬山 63，318，328
悬空寺 146
悬梯 224
悬山式 386
悬山顶 388
铜椟 321
铜驼街 418
铜亭 470
铜雀台 496
铜门钉 565
隆兴寺转轮藏殿 91
隆兴寺摩尼殿 89，307
隆兴寺大悲阁 89
隆兴寺慈氏阁 120
隆福寺三宝殿 158
隆兴寺塔 207
隆福宫 438，440
减柱 41
减地平钑 306，370
曼广 393
曼听佛寺 395
曼苏曼寺塔 395
烽烟台 435
烽火台 362，456
烽烟楼 436
烽燧 456
鱼沼飞梁 162，321
鱼鳞 577
偷心造 534
偷柱 542
偷梁换柱 581
营卫 406
营造法式 89，524
营造正式 541
营造算例 553
推山 109
推窗 157
推拉窗 318
接天地 298
接杆 575
雪花泥 283
雪列空 347
雪观楼 436
混沌埋头 566
混作 309
混彫 309
隐彫 309
隐园 495
桶模法 263
桶作 527
麻作 527
麻刀灰 572
堆泥贴金 280
堆粉贴金 280
章华台 59
移柱 59
曹 421
曹殿 548
兽头 249
淄金斗栱 129，561
淄金斗科 561
谐趣园 470
寄畅园 472
寄啸山庄 478
理塘寺 342
理水 474
梦溪笔谈 524
梦粱录 524
旋梯结构 192
旋子彩画 285，286
盒盒斗 169
盒子 285
厢吏 422
厢 422
袋穴 9
商城遗址 27
郡郭 28
崖墓 40
梭柱 41，516
假昂 101
菊花头 122
笮桥 166
梵天寺经幢 233
船形墩 238
舵杆 250
笭床 250
勒口 253
粗打 253

掏箱 270
绿牙子 283
棂木 322
绰楔 322
颇章 338
雀替 371，396
巢居 386
梧 579
梧公台 407
菜市门 426，430
闾门 432
掇山 464
阐福寺 470
脱口 482
揿山 482
梓人 509
猛大油作 527
梢间 529
烫样 512，578
剪边 41
副阶 70，331
掩角 542
梯子瓦 572
蛐蝾档子 572
密檐式塔 194
偏脸古城 46
琢墨彩画 575
盘龙城 36
盘光桥 239
盘门 432
盘布 577
盘车 233
渌水园 435
绿萼华堂 465
壶门 549
毫 44

十二画

景风门 419
景灵宫 427，430
景山 449，452
景阳山 464
景云山 464
景表 530
景龙门 581
硬山 329
硬泥成形法 255
硬烟云 296
硬抹石开法 296
硬天花 298
硬楼 436
朝天门 424
朝阳桥 448
朝阳门 452
朝向 489
朝市 527
朝阁大殿 581
落地明造 156
落地罩 318
落锤法 521
普宁寺大乘阁 129
普乐寺旭光阁 139
普寿寺辽塔 152
普陀山太子塔 233
普济桥 430
普拍枋 533
湖房 427
湖园 465
装折 151
琴面昂 104
琴腿 544
琴凳 543
散水 26
散装搏风 570
就日门 436
就余材 523，540
善化寺普贤阁 41
善化寺山门 103
善化寺三圣殿 104，105
善化寺大殿 158，330
善因寺 356
筒拱顶 178
筒瓦 541
筒子河 449
塔 40
塔柱 66
塔心室 192
塔心柱 192
塔刹 209，395
塔基 210
塔尔寺 342，352
塔诺 395
塔心木 517
敞厦 60
敞肩拱桥 579
博古架 158，505
琼华岛 438，441，481
插竿 30
棋盘门 564
棋盘心 155
棋盘式 416
隔架科 560
隔減 167，171
隔断 157
隔夜全胶 302
隔墙 409，410
惠荫园 496
琵琶录 581
登平桥 430
短曲 416
短功 510
智化寺万佛阁 158
筛子底 572
裙肩 171
裙板 156
掌尺匠 42
掌尺 521
筑土 521
喀斯特溶洞 7
窖穴 24
皐门 32
隞 27
圈楼 56
路寝台 59
彭山355号崖墓 63
渠县无名阙 65
跗 67
替木 65，109
棕毛殿 108
超化寺塔 162，321
笕 166
祴 180
葫芦刹 209
渭桥 236
喜相逢 289
雄黄玉 291
程阳桥 321
棒壳 332
崑都仑召 356
葛根庙 355
翔鸾阁 46
椤木 424
联桥 430
阔板桥 430
葑门 432
堡子 456
湘东苑 464
雁门关 453
雁翅板 89
铺地砖 255
铺首 151，579
铺作 534
铺瓦 572
铺地 505，545
喻皓 509，580
楔笼子 535
焙烧 539
缠龙柱 541
雇役制 548
阑槛钩窗 153，318
黑桥 430
紫微宫三清殿 158
紫宸殿 422
紫竹院 438
紫禁城 444，449，450
搭带烘变 259
搭材匠 520
搭材作 520，574
厦头两造 116
厦两头造 541
碶 48
谢古洞遗址 47
碢 47
曾青 278
敦煌莫高窟 216
鹅台 442
鹅颈椅 505
娲皇宫 146
勤政务本楼 46
象眼石 566
象眼 540
象皮青 486
墍 21
墍涂 21
腻子 305
搅脖 572

十三画

颐和园佛香阁 130
颐和园万寿山 584
颐和园 453，480，481
新人 7
新石器时代 14
新田故城 28
新门 251
新宋门 422
新郑门 422
慈云阁 123，331
慈氏阁 331
慈元殿 427
慈安太后陵 584
慈禧太后陵 584
雷发达 584
雷公柱 109，557
雷峰塔西关砖 427
雷金玉 584
雷思起 584
雷家玺 584
雷家瑞 584
雷廷昌 584
雷家伟 584
暗础 19，317
暗鼓卯 98，531
暗榫 149
暗门 426
暗柱 443
暗丁 171，569
歇山顶 379
歇山 329
歇马台 407
歇山转角 548
滑石棍 259
滑车 518
塌房 427
蒙古包 56
福因寺 355
福宁宫 422
解绿刷饰彩画 281
解绿结华装 281
解索皱 486
解绿装 538
解桥 539
路土 25
路寝 514
碉楼 353
填leading 173，213
照楼 353
照壁 459

照版 515
叠晕染法 352
叠山 547
叠晕 275
叠涩 495
叠涩座 539
阙 39, 230
筒拱结构 167
楠木作 584
蒯祥 582
错安 489
罩门 320
蜀柱 516
甄官 527
晒盘 520
晒盘架 520
搏风板 386, 569
搏埴 525
督催所 584
猿人 7
窣睹波 40, 189
锛 37
殿堂 59
殿式 548
辟雍 60, 161
奥室 68
盝顶殿 108
睒电窗 153
楔 98, 522
缠柱造 101
绛子 128
塘石 162
嵩岳寺塔 40, 189, 256
楼阁式塔 194
裸拱桥 214, 215
睡木沉基 240
蜃灰 26, 271
雉门 303
摊活 289
雅伍墨 291
暖阁 327
蒲姑 403
混柱 424
瑞诚殿 425
瑞光寺 434
跨街楼 434
澂观堂 470
置石 487
楣子 505
障水板 537
锭铰匠 548
碎砖墙 570
碎锦街 434
楹 580
蓬莱水城 453
蓬莱阁 462
雍 45
雍和宫万福阁 130
雍门 414
锡克沁明屋南大寺 362
锡背 375
鉴真 70
锁 38
楚丘 28
楚皇城 184
腰线石 171, 244
腰带红 291
叠涩结构 169
叠涩顶 179
叠晕 275
满堂红 244
满堂红架子 520
满打 495

十四画

静江府城（桂林）石刻图 42
静江府城 435
静明园 453, 584
静宜园 470, 584
静心斋 470
静明园玉泉山 470, 584
滚木 484
滚凳 543
模压壁文砖 253
模数制 527
褊棱 256
槛窗 157
嘉峪关 331, 453
嘉陵道 62
墐 20
墐涂 20
滴水线 572
锅底券 500
窨水法 258
窨水 258
寨子 396
端门 450
窝棚 27
榫卯 250
垫 32
膊板 48
精舍 215
魁星庙 353
赫连城 401
谯楼 433
瘦西湖 474, 498
漏窗 319
截间板帐 537
碧纱橱 158
滕王阁 497, 512
遮朽 262
算房 148, 510
馒头夯 403
聚五 162
聚锦 296
聚奎阁 331
聚宝门 445
聚景园 470

十五画

鲁般营造正式 39, 541
鲁班经 541
鲁城 401
鲁班秘书 541
鲁般经匠家镜 542
鲁班庵 542
鲁班阁 542
鲁班门 542
鲁班会 542
鲁班尺 544
鲁班 525, 542
横披窗 318
横桥 62
横焰窑 249
镇国寺大殿 68
镇国塔 233
镇国寺塔 331
镇山 450
横门 414
横河 430
横山 432
踏跺石 246
踏脚仔凳 543
额枋 396, 521
额敏塔 363
墩台 453
德寿宫 166
德胜门 451
德格寺 337
墼 25
镐京 28
滕王阁 67
撬眼 116
靠背栏杆 157
碾玉装 538
碾玉彩画 575
噶丹寺 342
箭楼 442
飘 492
廛 526
磉 162
磉墩 549
墀头 543
蓄板子 575
磐 488
甎白细缝 459
墨线大点金 291
墨线小点金 291
影壁 32, 332
影作 307
橑 580
颜庙杞园公殿 123

十六画

燕下都 33
燕山石 284
燕京 437
燕雀湖 515
雕銮匠 548
壁炉 29
壁内折上结构 192
壁琉璃 267
缴背 98
缴贴 125
橛子 29
薄伽教藏殿 73
橉子 128
薛城 403
镟花匠 548
避暑山庄 470, 474
糙砖绞脚 162
踜蹬 539
螭首 246
擎檐柱 20

十七画

螳螂头口 531
螳螂口 69
甓城 401
褒斜道 62
褒城栈道石门 215
濠濮涧 470
藁城 34
壕堑 24
檐里安装 153

十八画

翻黄 165
翻天印 157
藕批搭牵 98
瞻园 494
礓磴 163
覆盆式 163
覆水椽 117

十九至二十一画

藻井 158
麒麟阁 62
攒尖 15
糯米石灰 249
露明 71
霸王拳 103

封面
书名
版权
前言
目录
目　　　　录

前言
绪论
第一章　　原始社会时期的建筑技术（公元前２１００年以前）
第一节建筑技术的萌芽
第二节巢居和干阑建筑
第三节黄土地带穴居建筑的发展——土木混合结构的主要渊源
第四节母系氏族公社中晚期的建筑经营
第五节母系氏族公社的聚落规划
第六节　　氏族公社蜕变阶段——父系氏族社会的聚落布局与建筑技术的发展
第二章　　奴隶社会时期的建筑技术（公元前２１００年至公元前４７５年）
第一节建筑技术的发展概况
第二节夯土筑城技术的发展
第三节土木结构建筑
第四节建筑工具与材料
第三章　　封建社会时期建筑技术的发展概论（公元前４７５年至公元１８４０年）
第四章土工建筑技术
概说
第一节夯土版筑工程技术
第二节土坯工程技术
第三节土窑洞工程
第四节民间房屋土工技术
第五章木结构建筑技术
概说
第一节战国至西汉的木结构
第二节东汉至南北朝的木结构
第三节隋唐五代的木结构
第四节辽代木结构
第五节宋代木结构
第六节金代木结构
第七节元代木结构
第八节明清木结构
第九节木装修技术
第十节木结构建筑的基础
第十一节附竹结构建筑技术
第六章砖结构建筑技术
概说
第一节墙体砌筑技术
第二节砖顶结构技术
第三节砖铺地和砖贴面
第四节铺瓦工程
第五节高层砖结构——砖塔
第七章石结构建筑技术
概说
第一节石窟工程
第二节石结构建筑
第三节石桥
第四节石海塘＆２４

第五节木构建筑的石构件
第八章建筑材料的加工和制作
概说
第一节木材的采伐和加工
第二节石材的开采和加工
第三节砖的制作技术
第四节瓦的制作技术
第五节琉璃砖瓦的制作技术
第六节石灰及胶泥
第九章建筑装饰技术
概说
第一节历代建筑色彩和彩画
第二节明清建筑彩画技术
第三节建筑油漆
第四节建筑雕刻技术
第五节建筑镏金技术
第十章建筑防护技术
概说
第一节古代建筑的通风和采光
第二节古代建筑的防腐和防蚁
第三节古代建筑的防火
第四节古代建筑的采暖和防寒
第五节古代建筑的抗震
第六节古代建筑的防潮与防碱
第十一章少数民族建筑技术
概说
第一节藏族建筑（附四川羌族建筑）
第二节蒙古族建筑
第三节新疆少数民族建筑
第四节回族建筑
第五节朝鲜族建筑
第六节云南少数民族建筑（附贵州苗族建筑）
第十二章城市建设工程
概说
第一节封建早期城市
第二节汉长安城与洛阳城
第三节　隋唐大兴城（长安城）与洛阳城
第四节宋东京城与临安城
第五节宋平江府城与静江府城
第六节元大都城
第七节明南京城
第八节明清北京城
第九节嘉峪关城
第十节真定府城
第十一节蓬莱水城
第十二节古格王国官城
第十三章　园林建筑技术
概说
第一节园林理水
第二节掇山技术
第三节园林建筑
第十四章建筑设计与建筑施工
概说
第一节设计方法
第二节施工准备工作
第三节测量、定位与计算
第四节起重运输

第五节脚手架
第六节施工检验与校正
第七节维修与利废
第十五章建筑著作和匠师
概说
第一节《考工记·匠人》评述
第二节《营造法式》评述
第三节《鲁班经》评述
第四节《园冶》评述
第五节《工程做法》评述
第六节建筑匠师
中国古代建筑技术大事年表
编后记
名词索引